



## **Piscinas Ecológicas para Uso Público**

**Sónia Patrícia Pais dos Santos**

### **Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura Paisagista**

Orientadores:   Doutora Ana Luísa Brito dos Santos Sousa Soares  
Doutor Nuno Joaquim Costa Cara de Anjo Lecoq

**Júri:**

Presidente:   Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Professora Auxiliar, ISA UL  
Vogais:       Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio, Professor Auxiliar, ISA UL  
Doutor Nuno Joaquim Costa Cara de Anjo Lecoq, Professor Auxiliar  
Convidado Aposentado, ISA UL

Versão Definitiva

2019

## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	IV
RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	X
ÍNDICE DE QUADROS.....	X
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. PAISAGEM E PISCINAS ECOLÓGICAS .....	3
3. SISTEMA DE UMA PISCINA ECOLÓGICA E OUTRAS CONSIDERAÇÕES.....	14
3.1. <i>Ecossistema de uma piscina ecológica</i> .....	16
3.1.1. Ciclos envolvidos no sistema .....	16
3.1.2. Outros factores .....	18
3.2. <i>Parâmetros de Qualidade da Água e Questões de Saúde Pública</i> .....	20
3.2.1. Parâmetros Físicos .....	21
3.2.2. Parâmetros Químicos .....	21
3.2.3. Parâmetros Biológicos .....	23
3.2.4. Parâmetros microbiológicos sanitários.....	23
4. PLANIFICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UMA PISCINA ECOLÓGICA.....	25
4.1. <i>Variantes e Especificações de piscinas</i> .....	25
4.1.1. Categoria Tipo I – "Natureza" .....	25
4.1.2. Categoria II – "Semi-Natureza" .....	26
4.1.3. Categoria III – "Natural" .....	26
4.1.4. Categoria IV – "Biofiltro" .....	27
4.1.5. Categoria V – "BioPiscina" .....	28
4.2. <i>Outras considerações</i> .....	28
4.3. <i>Piscina Tradicional vs. Piscina Ecológica</i> .....	30
4.4. <i>Planificação de uma Piscina Ecológica</i> .....	32
4.5. <i>Sequência de Operações</i> .....	34
4.6. <i>Parâmetros Construtivos</i> .....	36
4.6.1. Parâmetros de relevância .....	37
4.6.1.1. Impermeabilização.....	37
4.6.1.2. Filtros .....	38
4.6.1.2.1. Filtro de plantas .....	39
4.6.1.2.2. Filtração mecânica .....	43
4.6.1.2.3. Filtração do Fósforo .....	44
4.7. <i>Manutenção de uma Piscina Ecológica</i> .....	46
4.7.1. Inspeções .....	46
4.7.2. Manutenção e conservação.....	46
4.7.3. Reparação .....	46
4.7.4. Mudança de água .....	46

5. LEGISLAÇÃO PARA PISCINAS ECOLÓGICAS DE USO PÚBLICO .....	47
5.1. <i>Legislação Aplicável</i> .....	47
5.2. <i>Propostas para regular os parâmetros a seguir na qualidade das águas em piscinas naturais</i> ..	48
6. CASOS DE ESTUDO .....	49
6.1. <i>MOUNTAIN-BEACH RECREATION PARK</i> .....	49
6.2. <i>WEBBER NATURAL SWIMMING POOL</i> .....	51
6.3. <i>WALDSTRANDBAD WINDSBACH</i> .....	53
6.4. <i>ZEN POOL, CLUB MED DA BALAIA</i> .....	55
6.5. <i>NATURFREIBAD - WEIßBACHMÜHLE</i> .....	57
6.6. <i>OUTRAS APLICAÇÕES - LAGUNAGEM DE HARNES</i> .....	59
7. ANÁLISE CRÍTICA DOS CASOS DE ESTUDO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXOS .....	73
ANEXO I – ESTUDO SOBRE O USO DE PALHA PARA CONTROLAR A PROLIFERAÇÃO DE ALGAS .....	74
ANEXO II – PROCESSO DE PLANEAMENTO – FACTORES E CONSIDERAÇÕES .....	87
ANEXO III – SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES A ESTABELECER ANTES DE INÍCIO DA OBRA .....	89
ANEXO IV - PARÂMETROS CONSTRUTIVOS .....	90
ANEXO V – COMPILAÇÃO DE PLANTAS A UTILIZAR NA ZONA DE REGENERAÇÃO. ....	92
ANEXO VI – MANUTENÇÃO DE UMA PISCINA ECOLÓGICA .....	95
ANEXO VII – PROPOSTA DE REGULAMENTO APRESENTADA PELO GIABN .....	98
ANEXO VIII – EXEMPLO DE PROJECTO PARA UMA PISCINA ECOLÓGICA DE USO PÚBLICO .....	106

**Nota prévia:**

*A presente dissertação não foi redigida segundo o novo  
Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Caríssimo Professor Nuno Lecoq, por todo o apoio e orientação que me proporcionou ao longo deste trabalho, pelas várias sugestões e indicações bibliográficas que me permitiram desenvolver este tema.

À Professora Ana Luísa pela ajuda e disponibilidade demonstrada ao longo do tempo de escrita desta dissertação.

Aos meus Pais pela ajuda ao longo da minha vida e que me permitiu chegar até aqui. Agradeço todo o amor, carinho, e apoio que me proporcionaram durante todo este tempo.

Ao Daniel, por todo o apoio e paciência com que me apoiou desde o início.

Ao meu filho Tiago.

A toda a Família e Amigos.

## RESUMO

A paisagem representa desde os primórdios dos tempos um factor de contemplação de qualquer civilização. Não só pela beleza que salta à vista como também por criar sensações de bem-estar a quem a observa.

As piscinas naturais são uma forma de criar um ambiente de certo modo perdido como o é o dos lagos onde a experiência de banho ainda se torna possível, mergulhando assim em águas cristalinas e livres de químicos.

A maior parte das piscinas ecológicas que existem no nosso país estão reservadas a fins privados ou a alguns *resorts* ou hotéis. Com este trabalho pretende-se demonstrar os benefícios da adopção deste tipo de piscinas para fins de uso público de forma a substituírem as actuais piscinas tradicionais (também designadas por convencionais, usualmente construídas em betão armado e com tratamento da água por químicos pelo que, sempre que se refere o termo anterior deve considerar-se como estando subjacentes estas informações).

Tendo como base alguns dos exemplos já existentes noutros países, pretendeu mostrar-se que este tipo de piscinas também é seguro em questões de qualidade da água quando comparadas com as piscinas tradicionais, e que permitem garantir todos os requisitos de segurança.

Deste modo, como considerações finais, a utilização deste tipo de piscinas é segura para os utilizadores tal e qual como o são as piscinas tradicionais, não apresentando os inconvenientes dos efeitos nefastos do cloro. Proporcionam experiências de banho totalmente novas e aliciantes. Possibilitam a observação da vida selvagem sob outra perspectiva, com fauna e flora próprias de cada local.

## PALAVRAS-CHAVE

Biodiversidade, Fitoremediação, Piscina, Piscina Ecológica, Uso Público

## **ABSTRACT**

The landscape represents from the beginnings of times a factor of contemplation of any civilization. Not only for the beauty that jumps in sight but also for creating feelings of well-being to those who observe it.

Natural pools are a way of creating an environment that is lost in a certain way, like that of lakes where bathing experience is still possible, thus diving into crystalline and chemical free waters.

Most of the ecological pools that exist in our country are reserved for private purposes or to some resorts or hotels. This work intends to demonstrate the benefits of adopting this type of swimming pools for public use in order to replace the current traditional swimming pools (also referred to as conventional, usually built in reinforced concrete and with chemical treatment of the water, so that whenever the term above is referred to, this information should be considered as underlying).

Based on some of the examples already existing in other countries, it was intended to show that this type of swimming pool is also safe in water quality issues when compared to traditional swimming pools, which allow to guarantee all the safety requirements.

Therefore, as a final consideration, the use of this type of swimming pool is safe for the users just as traditional swimming pools do, and do not show the inconvenient of the harmful effects of chlorine. They provide totally new and attractive bathing experiences. They allow the observation of wildlife from another perspective, with fauna and flora of each place.

## **KEY WORDS**

Biodiversity, Phytoremediation, Swimming Pond, Pool, Public Use

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – “Ancient ruins used as public baths” (Robert Hubert, 1798). Óleo sobre tela, 133 X 194 Cm; <i>The Hermitage Museum, St. Petersburg</i> . .....	10
Figura 2 – Piscina com separação de zonas projectada por <i>Werner Gamerith</i> em 1983 na Áustria ( <i>In Littlewood, 2005</i> ). .....	11
Figura 3 – Mapa de Actividade Internacional. Número total de piscinas por país consoante o indicado para cada intervalo (IOB, 2016). .....	12
Figura 4 – Piscinas ecológicas em empreendimentos turísticos em Portugal (IOB, 2018). .....	13
Figura 5 – Funcionamento simplificado das piscinas naturais (do Autor).....	14
Figura 6 – Outro esquema de funcionamento de uma piscina com tratamento biológico (adaptado de <a href="http://Es.Tools4pro.Com/Blog/Piscinas-Naturales-O-Biopiscinas-Con-Una-Rubi/">http://Es.Tools4pro.Com/Blog/Piscinas-Naturales-O-Biopiscinas-Con-Una-Rubi/</a> ).....	14
Figura 7 – Ciclo de Nutrientes. ....	17
Figura 8 – Ilustração da disposição das plantas aquáticas ( <a href="https://Www.Landscapingnetwork.Com/Ponds/Water-Plants.Html">https://Www.Landscapingnetwork.Com/Ponds/Water-Plants.Html</a> ). .....	18
Figura 9 – Vistas sobre a piscina do tipo I, onde o contacto com a natureza é muito próximo (Luther, 2018). ...	25
Figura 10 – Piscina do tipo II com existência do <i>skimmer</i> sob a área de estrado (DGfNB, 2018).....	26
Figura 11 – Piscina de categoria III com área de regeneração e zona de filtração (Biotop, 2018). ....	27
Figura 12 – Dois exemplos de sistemas de separação de áreas, com filtros e fluxos direccionados (Biotop, 2018). .....	27
Figura 13 – Piscina natural com tratamento biológico por unidade externa de filtros (Biotop, 2018). ....	28
Figura 14 – Vista geral para comparação entre uma piscina tradicional e uma piscina natural (AME Group, in HCMA, 2016). .....	30
Figura 15 – Sistema de filtração – piscina convencional vs. piscina ecológica (AME Group, in HCMA, 2016). ....	31
Figura 16 – Sistema de aquecimento – piscina convencional vs. piscina ecológica (AME Group, in HCMA, 2016). .....	31
Figura 17 – Sistema de fluxo de água – piscina convencional vs. piscina ecológica (AME Group, in HCMA, 2016). .....	32
Figura 18 – Vista geral e pormenores da piscina pública de <i>Aschauerweiher</i> , em <i>Bischofswiesen</i> , Alemanha. ....	34
Figura 19 – Processo de conversão da piscina pública de <i>Aschauerweiher</i> , em <i>Bischofswiesen</i> ( <i>Wasserwerkstatt, 2018</i> ). .....	35
Figura 20 – Esquema construtivo de uma piscina natural ( <i>Littlewood, 2005</i> ). .....	37
Figura 21 – Esquema de uma piscina natural com recurso a área de regeneração e filtros complementares (Biotop, 2018). ....	38
Figura 22 – Exemplo de <i>skimmers</i> . 1. <i>Skimmer</i> de uma piscina ecológica. (Foto in <a href="https://Www.123rf.Com/Photo_105450381">https://Www.123rf.Com/Photo_105450381</a> ). 2. <i>Skimmer</i> comercializado pela empresa Bionova (in Bionova, 2018). .....	38
Figura 23 – <i>Skimmer</i> comercializado pela empresa Biotop (2018). .....	39
Figura 24 – Exemplos de hidráulica ( <i>Polyplan-GmbH</i> ). .....	39
Figura 25 – Plantas e sua localização na zona de regeneração (in <a href="http://Worldofwater.Com/Planting-Ponds/">http://Worldofwater.Com/Planting-Ponds/</a> ). ....	39
Figura 26 – Exemplos dos géneros <i>Myriophyllum</i> spp. (1 e 2) e <i>Potamogeton</i> spp. (3 e 4). ....	40

Figura 27 – <i>Ceratophyllum Demersum</i> .....	40
Figura 28 – Espécies utilizadas para assimilação de nutrientes.....	41
Figura 29 – Espécies utilizadas para assimilação de nutrientes (continuação). ....	42
Figura 30 – Espécies utilizadas para ensombramento da água. ....	42
Figura 31 – Esquema de um filtro mecânico comercializado pela empresa Biotop (2018). ....	43
Figura 32 – Grãos de zeolita comercializados no mercado ( <i>In</i> <a href="http://www.Zeolita.eu">http://www.Zeolita.eu</a> ). ....	44
Figura 33 – Esquema de um reactor de cama flutuante (módulo externo ao sistema com ligação a bombas para filtragem da água) comercializado pela empresa Biofermenta (2018). ....	44
Figura 34 – Esquemas de módulos comercializados pela Biotop (2018). 1. Filtro “Phostec Ultra”, com câmara pressurizada. 2. Filtro “Phostec Upstream” que funciona sem o uso de pressão ainda em fase de testes.....	45
Figura 35 – Projecto paisagístico para uma piscina natural de uso público. 1 – Filtro emerso, 2 e 3 – Filtro submerso ( <i>Bruns, 2015</i> ). ....	45
Figura 36 – Vista sobre o parque em Gaschurn (real e esquema) (Biotop, 2018). ....	49
Figura 37 – Piscina do parque em Gaschurn em plena época balnear ( <i>in</i> <a href="http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor">http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor</a> ). ....	49
Figura 38 – Atracções da piscina com percurso de rafting, torres de salto, campo de vólei, entre muitas outras ( <i>in</i> <a href="http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor">http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor</a> ). ....	50
Figura 39 – Espaço de estadia e zonas de regeneração ( <i>in</i> <a href="http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor">http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor</a> ). ....	50
Figura 40 – Plano geral do complexo e vistas sobre a piscina das áreas norte e sul ( <i>Chua, 2018; Kendrick, 2018</i> ). ....	51
Figura 41 – Piscina natural de <i>Webber Park</i> . em cima: diversões; em baixo: vista para a piscina e casa de acolhimento. ....	51
Figura 42 – Vistas sobre a zona de regeneração e de filtros emersos ( <a href="http://www.minneapolisparcs.org">www.minneapolisparcs.org</a> ).....	52
Figura 43 – Esquema geral do processo de filtragem da piscina natural de <i>Webber Park</i> ( <i>Minneapolis Park &amp; Recreation Board</i> <i>in</i> <a href="https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/">https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/</a> ). ....	52
Figura 44 – Fases de construção da bacia de regeneração e da bacia de natação. De notar o sistema de hidráulica incorporado na bacia por forma a difundir a água para homogeneizar a acção de purificação da água ( <i>in</i> <a href="https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/">https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/</a> ).....	52
Figura 45 – Vista sobre a piscina de <i>Waldstrandbad Windsbach</i> (real e esquema) (Imagens de <a href="https://www.waldstrandbad-windsbach.de">https://www.waldstrandbad-windsbach.de</a> ).....	53
Figura 46 – Várias fases da reconstrução da piscina ( <i>Waldstrandbad Windsbach, 2018</i> ). ....	53
Figura 47 – Zona de regeneração ( <i>Wasserwerkstatt, 2018</i> ) e zona de filtros emersos ( <i>Waldstrandbad Windsbach, 2018</i> ). ....	54
Figura 48 – Várias atracções que a piscina oferece, torres de mergulho, escorregas, praia de areia, barco pirata para entretenimento das crianças ( <i>Waldstrandbad Windsbach, 2018</i> ). ....	54
Figura 49 – Zonas de estar nas imediações da piscina e actividades lúdicas nocturnas ( <i>Waldstrandbad Windsbach, 2018</i> ). ....	54
Figura 50 – Piscina ecológica do Club Med da Balaia (Club da Balaia, 2018). ....	55
Figura 51 – Vista sobre a piscina (Club Med da Balaia, 2018). ....	55

Figura 52 – Vistas sobre a piscina (Club Med Da Balaia, 2018; Bio Piscinas, 2018). .....	56
Figura 53 – Vistas sobre as áreas de regeneração (Vários Autores). .....	56
Figura 54 – Vista sobre a piscina natural de <i>Naturfreibad - Weißbachmühle</i> e esquema do complexo. ....	57
Figura 55 – Vista sobre as instalações complementares e do terraço. ....	57
Figura 56 – Plano geral da remodelação da piscina natural de <i>Weißbachmühle</i> (in <a href="https://www.merkendorf.de/tourismus-freizeit/freizeitzentrum-weissbachmuehle.html">https://www.merkendorf.de/tourismus-freizeit/freizeitzentrum-weissbachmuehle.html</a> ). ....	58
Figura 57 – Vistas sobre a piscina natural e sobre o sistema de filtragem ( <a href="https://www.merkendorf.de/home.html">https://www.merkendorf.de/home.html</a> ). ....	58
Figura 58 – Localização da lagunagem de <i>Harnes</i> , França ( <i>Google Maps</i> , 2018). ....	59
Figura 59 – Mina de carvão e central de energia de <i>Harnes</i> , França. ....	59
Figura 60 – Lagunagem de <i>Harnes</i> – percurso da água projectado ( <i>Briand &amp; Mousquet, S/Data</i> ). ....	60
Figura 61 – Foto sobre a lagoa de depuração ( <a href="http://www.lascop-paysages.com/resmalbum=projetsparcs%20et%20loisirsalbum.xml">http://www.lascop-paysages.com/resmalbum=projetsparcs%20et%20loisirsalbum.xml</a> ). ....	61
Figura 62 – Lagunagem do <i>Harnes</i> - vista geral da área de intervenção. ....	61
Figura 63 - Fotos De Diversos Dos Locais Existentes No Espaço Da Lagunagem (Vários Autores). ....	61
Figura 64 – Fotos dos locais de depuração da água. A água é movida para uma altura de 2m recorrendo a energia eólica para que depois possa descer numa camada muito fina para desinfecção pelos raios UV.....	62

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros físicos na zona de natação (FLL, 2013). .....	21
Tabela 2 – Valores químicos recomendados para a água de enchimento (após pré-tratamento caso seja necessário) (FLL, 2013). .....	22
Tabela 3 – Valores recomendados para a água da zona de natação (FLL, 2013) .....	22
Tabela 4 – Valores recomendados para a água após purificação (FLL, 2013). .....	22
Tabela 5 – Valores biológicos recomendados para a zona de natação (FLL, 2013). .....	23
Tabela 6 – Valores máximos para os parâmetros microbiológicos sanitários (FLL, 2013) .....	24
Tabela 7 – Comparação de custos reais da piscina da cidade de <i>Kirchdorf</i> , Alemanha ( <i>Schwarzer &amp; Schwarzer</i> , 2014) .....	33
Tabela 8 – Custos de funcionamento de uma piscina pública de tratamento biológico, em comparação com os de uma piscina pública convencional, ambas com uma lotação diária de 300 banhistas. ( <i>Wasserwerkstatt in Schwarzer &amp; Schwarzer</i> , 2014) .....	34
Tabela 9 – Profundidade para as diferentes áreas ( <i>in</i> FLL, 2013). .....	36
Tabela 10 – Espécies invasoras proibidas em Portugal (adaptado de Mestre, 2014). .....	43

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Definições-chave de Ecossistema, Serviços de Ecossistema e Bem-estar (retirado de Pereira <i>et al.</i> , 2009). .....	7
Quadro 2 - Serviços dos ecossistemas e a sua relação com o bem-estar humano (retirado de Pereira <i>et al.</i> , 2009). .....	8

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

% – Percentagem

ATP – Adenosina Trifosfato

Borracha EPDM – Etileno-propileno-dieno monómero (M-classe) de borracha

CEP – Convenção Europeia de Paisagem

cfu – Unidade formadora de colónias

DGfNB – *Deutsche Gesellschaft für naturnahe Badegewässer e.V.*

(Sociedade Alemã de Águas Naturais para Banho)

DGOTDU – Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos da América

FL – *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.*

(Sociedade de Pesquisa e Desenvolvimento da Paisagem e Paisagismo Alemão)

GIABN – Grupo Ibérico de Águas Balneares Naturalizadas

$\text{H}_2\text{PO}_4^-$  – Fosfato de dihidrogénio

$\text{HPO}_4^{2-}$  – Fosfato de hidrogénio

IOB – *The International Organization for natural bathing waters*

N – Azoto

$\text{NH}_3$  – Amoníaco

$\text{NH}_4^+$  – Ião amónio

$\text{NO}_2$  – Nitrito

$\text{NO}_3$  – Nitrato

°C – Graus Celsius

PEAD – Polietileno de alta densidade

$\text{PO}_4^{3-}$  – Ião ortofosfato

PVC – Polivinilclorido

RNA – Ácido Ribonucleico

spp. – Espécies

UV – Ultravioleta



## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho sobre “Piscinas Ecológicas para Uso Público” está inserido na Dissertação de Mestrado em Arquitectura Paisagista ministrado no Instituto Superior de Agronomia.

Este trabalho foi elaborado com o **OBJECTIVO** de fazer uma abordagem à temática sobre as piscinas com tratamento biológico da água para fins de uso público. Até à data, os locais onde estas piscinas têm sido aplicadas passam unicamente por propriedades privadas, *resorts* ou hotéis, onde o número de utilizadores é de certo modo restrito quando comparado com uma piscina cujo número de utilizadores ascenda a 500 ou mais por dia.

Pretende-se igualmente com este trabalho, proceder a uma actualização de conhecimentos sobre as formas de depuração das águas recorrendo a plantas e filtros adicionais mais elaborados, mas com alta eficiência e taxas de pureza da água iguais ou mesmo superiores às registadas com o uso do cloro sem os inconvenientes deste último, uma vez que estamos a relacionar escalas muito superiores de volume de água quando comparado com o necessário para as piscinas de uso doméstico.

Também é de interesse que sejam conhecidos os benefícios que a adopção deste tipo de piscinas traria caso as entidades governamentais optassem por mudar as piscinas de utilização pública tradicionais (que utilizam cloro para desinfecção da água) para piscinas ecológicas. Não só pelos benefícios de saúde pública, como também na diminuição do desperdício de água, bem como de diminuição significativa do erário público para manutenção deste tipo de equipamentos face aos tradicionais.

A **METODOLOGIA** encontrada para desenvolver estes objectivos passou por uma pesquisa bibliográfica que proporcionasse um entendimento sobre a forma como estes sistemas operam em termos ecológicos, que parâmetros são importantes de monitorizar para garantir a qualidade das águas por forma a não se tornar um risco para a saúde pública e alguns casos de estudo com interesse para demonstrar a aplicabilidade deste tipo de piscinas em situações onde já existam piscinas tradicionais ou nas que sejam uma construção de raiz.

Desta forma seguiu-se uma **ESTRUTURA DE TRABALHO** simples que permita explorar cada um dos pontos chave para um bom plano de implementação deste tipo de piscinas em situações reais.

Como primeira abordagem, no **capítulo 2** realizou-se um breve enquadramento ao tema expondo a importância da paisagem e de como ela é apreendida pelos seres humanos assim como os antecedentes históricos que motivaram o aparecimento de piscinas com tratamento biológico e a evolução que se registou ao longo dos tempos. As designações mais utilizadas para denominar este tipo de piscinas passam por piscinas biológicas<sup>1</sup>, piscinas ecológicas, piscina natural, eco-piscina, lago de banho, biopiscina, entre outras. Neste trabalho optou-se por utilizar a designação “piscinas ecológicas”.

---

<sup>1</sup> A designação “Piscina Biológica” é uma marca registada da BioPiscinas®, empresa sediada em Algezur e gerida por Cláudia e Udo Schwarzer, desde 1995.

Seguidamente no **capítulo 3** procurou-se entender o funcionamento deste sistema ao utilizar a componente natural para realizar o tratamento da água de modo a torná-la igualmente segura para água banhar. As piscinas naturais são ecossistemas semelhantes aos dos lagos com toda a biodiversidade natural e paisagem cénica que estes proporcionam, ao qual se adiciona uma área para banhos em água limpa sem recurso a químicos artificiais.

No **capítulo 4** aprofundou-se a estrutura destas piscinas nas suas cinco variantes tanto a nível construtivo como no sistema que cada utiliza para tratamento da água. Também se fez um paralelismo entre o funcionamento destas com as ditas piscinas tradicionais para se verificar como aquelas apresentam mais vantagens caso sejam implementadas. Fez-se igualmente referência a alguns aspectos importantes para o funcionamento como a impermeabilização, os filtros, e a manutenção das piscinas ecológicas.

No **capítulo 5** aborda-se o tema da legislação, no qual se verifica a ausência de enquadramento das piscinas ecológicas principalmente ao nível dos parâmetros de qualidade da água necessários para garantir um funcionamento adequado. Existe, porém, uma proposta de regulamentação apresentada pelo Grupo Ibérico das Águas Balneares Naturalizadas (GIABN). Este grupo representa os profissionais ligados à tecnologia das piscinas ecológicas tanto em Portugal como em Espanha.

No **capítulo 6** apresentam-se alguns casos de estudo onde se identificam as soluções encontradas para cada um dos locais tanto de reconversões, como de recuperações, bem como de novas construções de piscinas naturais. Apresenta-se igualmente um caso em que foi aplicado o princípio de depuração da água através destes métodos para recuperação de um espaço industrial degradado.

Por fim, no **capítulo 7** faz-se uma análise crítica a estes casos de estudo e algumas considerações finais sobre esta temática de uso destas piscinas para uso público e suas aplicabilidades às diferentes soluções necessárias para a sua implementação.

## 2. PAISAGEM E PISCINAS ECOLÓGICAS

### a. A Paisagem

Para a formação de um Arquitecto Paisagista, a **Paisagem** é desde sempre o seu tema de trabalho nas diversas vertentes, desde a sua modelação e planeamento enquanto profissional de ordenamento do território até modificações locais que contribuem para um todo onde o olhar se pode perder em contemplação e evasões do dia-a-dia desta sociedade moderna.

Desde o final da época medieval que a paisagem natural começou a ser percepcionada de modo diferente. Nesta época as cidades começaram a sofrer transformações que as tornaram locais algo desordenados pela crescente procura por novas habitações para acolher quem vinha procurar trabalho e melhores condições de vida. Assim, a percepção do meio natural tornou-se um local agradável aos sentidos quando comparado com a forma cada vez mais artificial das cidades e passou a ser cada vez mais procurada para lazer. Só nesta altura se começa a utilizar a palavra paisagem para designar esta nova forma de apreender a natureza (Batista *et al.*, 2011). A partir da segunda metade do século XIX e primeira metade do século XX inicia-se uma nova forma de concepção da paisagem assente em fundamentos teóricos de várias disciplinas dando um novo conceito de paisagem como um sistema (Hidroprojecto, ICNB, 2011).

A palavra **paisagem** teve a sua origem na terminologia francesa “*paysage*” e deriva da palavra “*pays*”, que se refere a regiões de ocupação humana que apresentam homogeneidade física relativa e marcam as alterações da história (Carneiro, 2011). Em alguns dos dicionários, paisagem surge apenas como “*área de território observável de uma determinada perspectiva*”<sup>2</sup>. Contudo, a definição de paisagem continuou a ser difícil de ser traduzida por um único significado. Cada uma das áreas de estudo tem a sua interpretação de paisagem... geógrafos, geólogos, historiadores, arquitectos, pintores, todos têm a sua aceção de paisagem. Se para uns a paisagem é vista na sua forma “crua” pelas características físicas como o tipo de rocha, tipo de solo, etc., por outros é vista na sua forma evolutiva quer em termos de tempo geológico quer em termos de modificações culturais, ou mesmo só pela sua beleza ao olhar e que motivou e motiva inúmeras obras de arte. No entanto, e falando de paisagem a uma escala temporal, podemos compreendê-la analisando o conjunto de marcas que reúnem a topografia, a tectónica, a hidrologia, a climatologia, os processos erosivos, a vegetação, os seres vivos, o uso do solo, entre outros, e que só por si são responsáveis pela modificação dos locais, pela sua evolução, e que inclusivamente interferem no modo como os seres vivos deixam as suas marcas nesse território (Lecoq, 2014a; Nunes, 2012).

Inicialmente, paisagem foi definida por Caldeira Cabral (1973, *in* CEAP, 2010), fundador da Arquitectura Paisagista em Portugal, como “*a figuração da biosfera e que resulta da acção complexa do ser humano e de todos os seres vivos – plantas e animais – em equilíbrio com os factores físicos do ambiente*”. Porém o factor humanizante da paisagem estava de certo modo omissa nesta designação, pois este é “*(...) detentor de uma determinada cultura, dando origem a uma determinada imagem*” (Magalhães, 2001).

---

2 In “Grande Enciclopédia Universal - Ormuzd - Píxide - Vol. 15”, 2004; Editora Dorclub, S.A.; Espanha

Já Gonçalo Ribeiro Telles (1985 in CEAP, 2010) afirmava que *“o conceito de Paisagem deixou de ser exclusivamente contemplativo, pictórico e literário, para ser também interpretativo e portanto alargado à ciência, possibilitando a intervenção planeada (...)”* o que já indica uma acção de planeamento, onde todas as matérias têm o seu contributo como já mencionado, como as ciências da natureza, onde se inserem a ecologia, a geomorfologia, a climatologia, a hidrologia, a pedologia, a fitossociologia, a botânica, e a zoologia; as técnicas de cultura, onde a agricultura, a horticultura e a silvicultura intervêm; as ciências sociais bem como as outras artes que intervêm na construção do espaço, como a Arquitectura, compreendendo a teoria da forma e do desenho (Magalhães, 2001).

Realça-se assim a importância da Arquitectura Paisagista como profissão cujo ênfase maior é *“a arte de ordenar o espaço exterior em relação ao homem”* (Cabral, 1993 in CEAP, 2010), mas para que tal aconteça em harmonia e em que os elementos se completem em perfeita ordem torna-se necessário cumprir e entender as funções ecológicas pois, ainda segundo Cabral (1993 in CEAP, 2010) para que se consiga criar paisagem cuja beleza esteja na sua essência deve encontrar-se o *“(…) equilíbrio biológico dos diversos factores que nela actuam e na sua perfeita adequação aos interesses dos homens que nela vivem (...)”* (Cabral, 1993 in CEAP, 2010).

Desta forma, a paisagem é muito mais do que a associação dos elementos do natural, pois as construções feitas pelo ser humano ou mesmo o intrincado agrícola desempenham um factor de relevo na modelação do território. De facto, à escala cultural, podemos afirmar que o Homem adquiriu grande capacidade para modelar o espaço à sua volta ao longo de sucessivas gerações, talhando esse mesmo espaço de acordo com as suas necessidades, quer para conseguir alimento para a sua sobrevivência, quer para conseguir crescer enquanto população (Nunes, 2012). E essa capacidade foi tal, que são raros os pontos do território que ainda se mantêm intocados por ele, *“a paisagem é também o intrincado desenho que resulta da sobreposição sucessiva dos sinais de cada momento. Estes sinais representam a vida”* (in Nunes, 2012).

De facto, as paisagens tanto a nível europeu como nacional, têm vindo a ser reconhecidas como parte do património natural, cultural, histórico assim como científico (Pinto-Correia & Oliveira, 2001). Porém, nas últimas décadas, a paisagem tem sofrido um conjunto de transformações acentuadas um pouco por todo o mundo impulsionadas pelas dinâmicas populacionais e económicas que têm pressionado cada vez mais os grandes centros urbanos obrigando-os a expandirem-se para acomodarem estas populações. Consequentemente a construção desmesurada de centros urbanos atropela os recursos naturais e a própria dinâmica do espaço, impermeabilizando solos, contendo para mínimos os espaços verdes, impedindo o normal funcionamento da natureza causando depois desastres com consequências penosas para o ser humano; bem como pelos processos naturais derivados das alterações das próprias dinâmicas da terra, incêndios com proporções gigantescas, inundações de toda a ordem, perda de diversidade por monoculturas que impedem a existência das cadeias de espécies próprias de cada lugar; entre muitas outras alterações de toda a espécie. Com essas alterações muitos foram os recursos afectados, desde as florestas aos cursos de água, passando pela degradação do solo derivado de práticas agrícolas adversas e intensivas, a contaminação dos lençóis freáticos por estas mesmas práticas, a impermeabilização dos mesmos pelas construções, entre outros factores de degradação da paisagem (Magalhães, 2001; Steiner, 2008).

Por estes motivos as entidades governamentais necessitaram de se debruçar sobre este tema e também elas sentiram a necessidade de encontrar uma definição de paisagem como forma de poderem proceder à criação de legislação com vista à protecção daquelas.

Ao nível Europeu estabeleceu-se a Convenção Europeia de Paisagem (CEP) que pretende promover a protecção, gestão e planeamento das paisagens europeias e a qual designa paisagem como *“uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo carácter resulta da acção e da interacção de factores naturais e ou humanos”*<sup>3</sup>. Ainda segundo a CEP, bem como outros autores, a paisagem tem de facto funções de relevo na sociedade, tanto ao nível do indivíduo como ao nível das populações; quer em termos culturais e sociais, quer ambientais e ecológicos, quer pela disponibilidade de recursos criando emprego e incrementando a economia. Desta forma existe a necessidade de se chegar a um conjunto de políticas de paisagem, as quais estabeleçam medidas de protecção e gestão e a integrem noutros sectores legislativos, por forma a garantir um adequado ordenamento do território minimizando quaisquer impactes negativos sobre as mesmas.

Em termos nacionais também se encontra legislação para protecção das paisagens e que introduziram uma definição de paisagem que se encontra na nossa Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 11/87 de 7 de Abril, alterada pela Lei n.º 13/2002, de 19 de Fevereiro - artigo 5º 2. c) e está definida como: *“Paisagem é a unidade geográfica, ecológica e estética resultante da acção do homem e da reacção da Natureza, sendo primitiva quando a acção daquele é mínima e cultural quando a acção humana é determinante, sem deixar de se verificar o equilíbrio biológico, a estabilidade física e a dinâmica ecológica”*. Também aqui se estabeleceram um conjunto de medidas que regulam e protegem estas paisagens e as suas características.

A paisagem compreende características próprias e que constituem a expressão das relações espaciais e temporais que se estabelecem entre o homem e o meio e que, independentemente ou em conjunto, afectam os processos ecológicos e biológicos traduzindo a ideia de uma identidade dinâmica e em constante evolução (Magalhães, 2001; Hidroprojecto, 2008; Batista, *et al.*, 2011).

Porém, qualquer que seja a escala a que nos referimos, local, regional, nacional ou internacional, cada paisagem tem uma identidade própria (fazendo referência ao *genius loci*, já mencionado por *Frederick Law Olmsted* no início do séc. XIX, bem como por diversos outros autores na tentativa de encontrar outra definição para este “génio” do lugar) e que reflecte a história tanto natural como cultural desse território num definido momento (*Washer & Jongman*, 2000 in *Pinto-Correia et al.*, 2001). Também Orlando Ribeiro na sua obra “Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico” já fazia menção ao papel preponderante que a paisagem tinha na identidade de cada local, afirmando que *“a paisagem de hoje, correspondendo a um produto do passado, constitui um registo da memória colectiva”* (Ribeiro, 1993 in *Pinto-Correia et al.*, 2001).

As características da paisagem vão estar desta forma dependentes das interacções entre o homem e o meio, bem como de qualquer intervenção que venha a ocorrer nesta mesma paisagem. A análise da paisagem vai implicar o conhecimento de dois factores principais: os intrínsecos e os extrínsecos.

---

<sup>3</sup> In Art.º 1, Dec. Lei 4/2005 de 14 Fevereiro, texto que transpõe o indicado na Convenção Europeia de Paisagem assinado em Florença no ano de 2000.

Como factores intrínsecos da paisagem temos todos os de âmbito biofísico como o relevo, geologia, solo, etc., e em que o homem não tem interferência. Os factores extrínsecos são aqueles cuja influência do homem é determinante ao longo do tempo, sendo os de carácter socio-cultural, correspondendo à ocupação do território, actividades culturais, etc. (Magalhães, 2001; Hidroprojecto, 2008; Batista, *et al.*, 2011).

Quando analisadas estas relações entre estas duas componentes, obtêm-se padrões de ocupação do território com uma certa homogeneidade e que permitem identificar “unidades de paisagem” (Magalhães, 2001; Hidroprojecto, 2008; Batista, *et al.*, 2011).

O conceito de “unidades de paisagem” ou de “unidades paisagisticamente homogéneas” pressupõe que existam um conjunto de características biofísicas e culturais - como as condições edafoclimáticas, o tipo de coberto vegetal ou o uso do solo, o povoamento humano assim como a morfologia do terreno a uma determinada escala, e que conferem ao local uma homogeneidade significativa. A escala a que se refere cada estudo determina a complexidade dessas unidades de paisagem. Estas unidades vão também proporcionar o ordenamento do local com vista ao uso directo ou indirecto pelas populações (Hidroprojecto, 2008; Batista, *et al.*, 2011).

A identificação das várias unidades de paisagem constitui uma mais valia para qualquer órgão de gestão, e nesse sentido foi elaborado um estudo pormenorizado para Portugal Continental a pedido da Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), o qual identificou 128 unidades de paisagem reunidas em 22 grupos de unidades (DGOTDU, 2004).

Para o trabalho supra citado, a metodologia seguida teve por base uma abordagem holística da paisagem a qual integrou 4 componentes: a ecológica, a cultural, a socio-económica e a sensorial. A componente ecológica incluiu as componentes físicas e biológicas dos sistemas. Já a componente cultural considerou os factores históricos, assim como as questões de identidade e capacidade narrativa da paisagem. Na componente socio-económica foram analisados os factores sociais e as actividades humanas que permanentemente constroem e alteram a paisagem. Por último, na componente sensorial foi estudado o modo como a paisagem é apreciada por cada pessoa ou por grupos de pessoas. Esta última tem de ser considerada, embora seja de certa forma uma componente subjectiva, uma vez que as paisagens estão grandemente humanizadas e, por conseguinte, terão de ser considerados os sentimentos que essas paisagens despertam nas comunidades que delas vivem e que as alteram nas suas actividades ou nas pessoas que as visitam (DGOTDU, 2004 *in* Lecoq, 2014b).

#### *b. Serviços Ecossistémicos*

Desta forma, e como já referido anteriormente, a complexidade das várias unidades de paisagem vai estar interligada com a biodiversidade. Quanto maior for o nível de biodiversidade maior será a quantidade de ecossistemas aí presentes com estruturas e funções variadas. Consoante a funcionalidade destes ecossistemas, maior ou menor será a capacidade para estes produzirem serviços quer sejam materiais (bens) ou imateriais. São os designados por serviços dos ecossistemas (ICNF, 2018).

Segundo Pereira *et al.* (2009) na sua avaliação para Portugal do *Millennium Ecosystem Assessment*<sup>4</sup> os serviços dos ecossistemas “são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (*Quadro 1*). Estes benefícios incluem serviços denominados de produção como obtenção de alimentos e água potável; incluem os serviços de regulação que tentam minimizar os impactes das cheias, das secas e de doenças; os serviços de suporte, cujo objectivo passa por incrementar a formação dos solos e regular os ciclos de nutrientes; e por último os serviços culturais, onde se incluem as actividades de recreio, os valores espiritual e religioso, bem como outros que permitam aumentar a “felicidade” e a qualidade de vida das populações (*Quadro 2*) (Pereira *et al.*, 2009). Estes serviços podem ser alvo de procura por parte das populações, por entidades relacionadas com a parte económica ou por outras entidades, como por exemplo para actividades científicas (Pereira *et al.*, 2009; ICNF, 2018).

De facto, as populações dependem em grande medida dos serviços que os ecossistemas lhes podem prestar, não só nas questões monetárias directas ou indirectas, mas também podem de certo modo ser objecto de valoração tendo por base os efeitos ao nível do bem-estar das pessoas, ou somente nos resultados para a conservação da natureza (Nunes & Almeida, s/ data; ICNF, 2018). É uma realidade que alguns serviços, como por exemplo os da componente ambiental, ainda não têm valor comercial, mas a sua gestão tem de ser assegurada pela parte governamental dada a sua importância em termos globais. Também a componente agrícola atravessa uma fase de limite produtivo, e como tal a necessidade de recorrer a outras actividades por forma a colmatar esta quebra leva as comunidades a olhar para a parte recreativa que estes sistemas podem proporcionar. Estas novas actividades vão também permitir uma gestão/ preservação dos recursos e aumentar de certa medida a sustentabilidade dos ecossistemas (Lecoq, 2014b; ICNF, 2018).

Neste âmbito, a valorização e valoração dos serviços que os ecossistemas podem proporcionar, atendendo também às questões de oferta e de procura, são de grande relevância e normalmente conjugam três modelos de valores: os culturais, os económicos, e os mais importantes os valores ecológicos. Esta quantificação do valor de cada serviço proporcionado pelo ecossistema é feita tendo por base a avaliação de cada um destes serviços e resulta em quadros de valoração que vão permitir uma gestão e valorização daqueles por parte dos grupos de decisores (Lecoq, 2014b; ICNF, 2018).

#### Definições-Chave

**Ecossistema** - Um ecossistema é uma unidade funcional onde comunidades de plantas, animais e microrganismos interagem de forma dinâmica com o meio abiótico. Os seres humanos são uma parte integral dos ecossistemas. Os ecossistemas variam grandemente em tamanho; uma poça de água na cavidade de uma árvore e uma bacia oceânica, podem ser ambas exemplos de ecossistemas.

**Serviços dos Ecossistemas** - Os serviços dos ecossistemas são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Estes incluem serviços de produção como alimentos e água; serviços de regulação como regulação de cheias, secas e de doenças; serviços de suporte como a formação dos solos e os ciclos de nutrientes e serviços culturais como o recreio, o valor espiritual, o valor religioso e outros benefícios não materiais.

**Bem-estar** - O bem-estar humano possui múltiplos constituintes, incluindo materiais básicos para uma vida com qualidade, liberdade de escolha, saúde, boas relações sociais e segurança.

O bem-estar é o oposto da pobreza, a qual foi definida como uma privação pronunciada de bem-estar. Os componentes do bem-estar, vividos e percebidos pelas pessoas, dependem das situações e reflectem a geografia local, a cultura e as circunstâncias ecológicas.

*Quadro 1 – Definições-chave de Ecossistema, Serviços de Ecossistema e Bem-estar (retirado de Pereira *et al.*, 2009).*

<sup>4</sup> “O *Millennium Ecosystem Assessment* (MA) foi um programa lançado pelo Secretário-geral das Nações Unidas em 2001 e teve como objectivo avaliar as consequências das alterações nos ecossistemas para o bem-estar humano, bem como estabelecer a base científica para uma melhoria da gestão dos ecossistemas da Terra, de modo a garantir a sua conservação e uso sustentável” (in Pereira *et al.*, 2009).





Quadro 2 - Serviços dos ecossistemas e a sua relação com o bem-estar humano (retirado de Pereira et al., 2009).

Nesta linha de conceitos, vários são os bens com funções recreativas que podem ser desenvolvidos nestes serviços de ecossistema. Um desses serviços com funções de relevância em certa medida para os ecossistemas e de forma global para a biodiversidade são as piscinas ecológicas. E é neste sentido que, para este trabalho, a questão da construção, uso e manutenção de piscinas ecológicas pode dar o seu contributo para melhorar a paisagem.

As piscinas ecológicas vão desempenhar funções de valoração nos três níveis: tanto em termos culturais, como económicos assim como ecológicos.

- Na função cultural vão contribuir para uma maior interação social e bem-estar dos seus utilizadores pois torna-se um local de encontro para convívio, vão servir para diversas actividades de recreio das populações e consequentemente vão promover a coesão social.
- Em termos económicos também vão representar uma mais valia considerável tanto no imediato como a longo prazo em especial no caso das piscinas para uso público; como efeitos imediatos



vão permitir a criação de postos de trabalho, o desenvolvimento das comunidades noutras áreas de serviços (restauração, comércio, etc.), diminuição do erário público nas questões de construção e manutenção destas, bem como diminuição a longo prazo dos gastos na saúde dos banhistas e dos funcionários pela ausência de exposição aos químicos utilizados para desinfecção nas piscinas com cloro.

- Porém a função mais importante é de facto a ecológica; este tipo de piscinas vai ter um impacto bastante positivo no meio, quer na biodiversidade, pois a utilização de plantas vai permitir restaurar ecossistemas perdidos ou estabelecer novos gerando assim um aumento da biodiversidade do local, as plantas vão permitir criar habitats para colonização por fauna variada que se vão desenvolver nas margens e nas áreas circundantes, vão promover também uma gestão e conservação adequada da água uma vez que sendo o sistema autónomo a água é purificada de forma natural, ao não utilizar químicos a água não necessita de ser constantemente mudada e como tal permite uma salvaguarda da disponibilidade de água doce, não ocorre libertação de químicos nocivos para o ar uma vez que não há utilização de cloro.

### c. Piscinas ecológicas: antecedentes

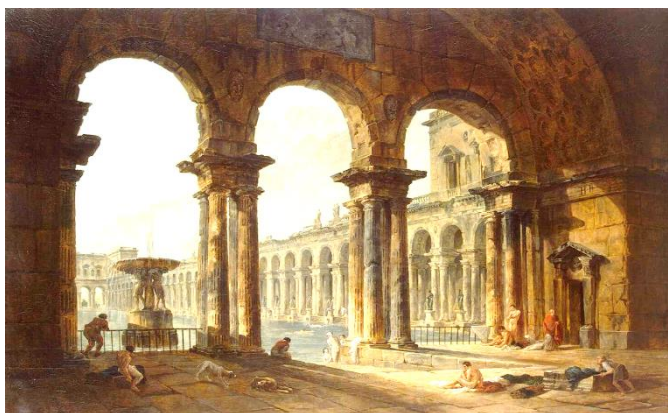
Até aqui, o modo preferencial para desinfecção da água da maior parte das piscinas utilizadas no nosso país é com a utilização de cloro. Em termos ambientais, económicos e de saúde pública são bastante penalizadoras. Para além de poluírem o ambiente pois a água encontra-se cheia de químicos de cloro e outros utilizados; gastam também milhares de litros de água doce - um bem tão precioso - para as vezes em que é necessário renovar a água da piscina; comportam custos elevados para a conservação das estruturas do tanque bem como de todas as partes técnicas; assim como causam variados problemas de saúde a quem as utiliza.

Já as piscinas ecológicas são ambientalmente uma vantagem pelos motivos já enunciados acima, tais como a variedade de plantas e animais que se desenvolvem nas suas margens dando uma qualidade à paisagem do local bem como proporcionam uma integração no espaço envolvente mais rica e mais prazerosa ao olhar, não utilizam produtos químicos para o tratamento das águas e mesmo que estas tenham de ser retiradas da piscina para manutenção podem ser utilizadas como água de rega por exemplo, sem qualquer prejuízo para o ambiente. Em termos económicos são também mais vantajosas uma vez que não comportam os custos associados à compra de químicos para desinfecção da água, nem os custos associados à conservação constante da piscina pois a manutenção passa pelo controle da vegetação e limpeza de fundo. Em termos paisagísticos são uma mais-valia pois não têm só a função de piscinas, mas também podem ser simplesmente um lago com todo o ecossistema associado. São igualmente uma componente da paisagem local que permite apreciar a sazonalidade das estações ao longo do ano como as existentes num lago.

Em qualquer destas circunstâncias, a água é sempre um dos factores relevantes a todos os elementos. Desde sempre que a água, nas suas diversas formas, nos impulsiona a viver. Quer seja por ser um constituinte fundamental do corpo humano; quer seja por se apresentar na forma de lagos, lagoas, rios e mares e nos “apelar” a entrar e desfrutar desse belo momento na água. Mesmo em termos históricos, muitos são os povos que fizeram do uso da água uma fonte de interacção social e de saúde: desde os povos do Vale do Indo; aos povos gregos; aos povos romanos - com os seus banhos

públicos a fazer parte da sua rotina diária (*Figura 1*); até aos dias de hoje sendo o banho uma prática corrente na sociedade através de vários meios, uma delas as piscinas - quer públicas quer privadas (*Littlewood, 2005; Ferreira, 2013; HCMA, 2016*).

Durante o século XIX ocorreram vários surtos de doenças epidémicas, como a cólera ou a Poliomielite, e que foram associados ao fraco asseio das populações (*HCMA, 2016*). Desde aí, as preocupações com a higiene foram uma constante e o incentivo à prática do banho tornou-se mais evidente. Inicialmente fez-se passar esta mensagem para encorajar os banhos, quer em águas correntes, por exemplo em rios e lagos; quer em piscinas. Mas mesmo assim ainda havia preocupações com a desinfecção da água, pois com as práticas agrícolas a utilizarem cada vez mais químicos em fertilizantes e pesticidas, muitos dos rios e lagos estariam a ser contaminados por águas provenientes de aquíferos poluídos. Mesmo os banhos em piscinas apresentavam problemas quanto à segurança das águas e consequentemente para a saúde dos utilizadores (*Littlewood, 2005; HCMA, 2016*)



*Figura 1 – “Ancient Ruins Used as Public Baths” (Robert Hubert, 1798). Óleo sobre Tela, 133 x 194 cm; The Hermitage Museum, St. Petersburg.*

A grande revolução surgiu nos séculos XIX e XX, quando se descobriu que eram bactérias as causadoras daquelas doenças e que o cloro, produto químico capaz de exterminar qualquer forma de vida na água, era a melhor alternativa para se conseguir uma água livre de microrganismos patogénicos. O cloro era um subproduto da produção de hidróxido de sódio e na altura não estava a ser comercializado nem rentabilizado no mercado. Dadas as suas propriedades para desinfetar a água, começou então a ser usado para higienizar as piscinas sendo adoptado em todo o mundo (*Littlewood, 2005; HCMA 2016; IOB, 2016*).

Porém, ao longo de sucessivos anos de uso do cloro para tratar a água das piscinas, começou a verificar-se que este não era a melhor escolha e iniciou-se uma procura por alternativas. Vários foram os estudos que surgiram nos anos seguintes e que encontraram alternativas mais eficazes e mais benignas para a saúde para o tratamento da água e, entre elas conta-se o uso de ultravioletas ou o de ozono, entre outras (*HCMA, 2016*).

Por volta dos anos 80 e subsequentes, começou a verificar-se que o uso do cloro não era a solução mais saudável por este apresentar vários inconvenientes. Embora a adição de cloro fosse feita de forma controlada, os contaminantes que eram introduzidos pelos banhistas (como o suor, urina, cabelos, ou produtos cosméticos variados como desodorizantes, perfumes, cremes solares, entre outros), pelas águas de escorrência da chuva, pelas aves ou outros animais (*WHO, 2006*), tornava-se tarefa difícil de mitigar na altura. Ao ser adicionado à água das piscinas, o cloro reagia com a matéria orgânica existente na água, e derivava em subprodutos como os trihalometanos e os ácidos haloacéticos (perigosos por serem cancerígenos). Também a introdução de matéria orgânica rica em elementos nitrogenados conduzia à formação de sub-produtos à base de nitrogénio, tais como as

cloraminas, os haloacetonitrilos e as nitrosaminas carcinogénicas (altamente potenciadores de formas cancerígenas). A tricloramina, sendo volátil, formava-se igualmente, mas manifestava-se na forma de um odor penetrante e altamente irritativo, cujos principais precursores são a ureia, os iões de amónio e os  $\alpha$ -aminoácidos (Florentin, et al., 2011; Villanueva, Font-Ribera, 2012).

Algumas medidas foram implementadas por forma a tentar mitigar a presença de matéria orgânica nas piscinas, como aumentando os níveis de circulação do ar das piscinas cobertas; a obrigatoriedade do uso do chuveiro antes de entrar nas piscinas; ou até diminuir o tempo de exposição a estes vapores provenientes da piscina. Mas mesmo assim, os riscos do uso do cloro como desinfectante não deixavam de existir. Estes riscos manifestam-se na saúde através de irritação nos olhos, na pele e no trato respiratório; aumento da probabilidade de desenvolver asma ou cancro; entre outros problemas derivados da exposição a estes subprodutos da desinfecção (Littlewood, 2005; HCMA, 2016).

De certa forma, a ideia da piscina ecológica que não necessitava de desinfectantes químicos era uma procura muito ambicionada, quer por ambientalistas com preocupações nestas áreas, quer pelas comunidades pois os efeitos do uso do cloro afectavam todos os que procurassem momentos de lazer em águas balneares.

Assim, foi também a partir dos anos 80 que começaram a surgir projectos inovadores como alternativa às piscinas convencionais, nomeadamente as piscinas ecológicas ou piscinas naturais. As primeiras piscinas ecológicas foram construídas na Europa, mais propriamente na Áustria e na Alemanha, por especialistas ambientais como *Werner Gamerith* – pioneiro na construção de piscinas com separação da água em duas áreas: uma para natação e outra para a zona de plantação (Figura 2) – ou *Richard Weixler*. No entanto, todas para uso privado (Littlewood, 2005; Santos, 2005; IOB, 2016).



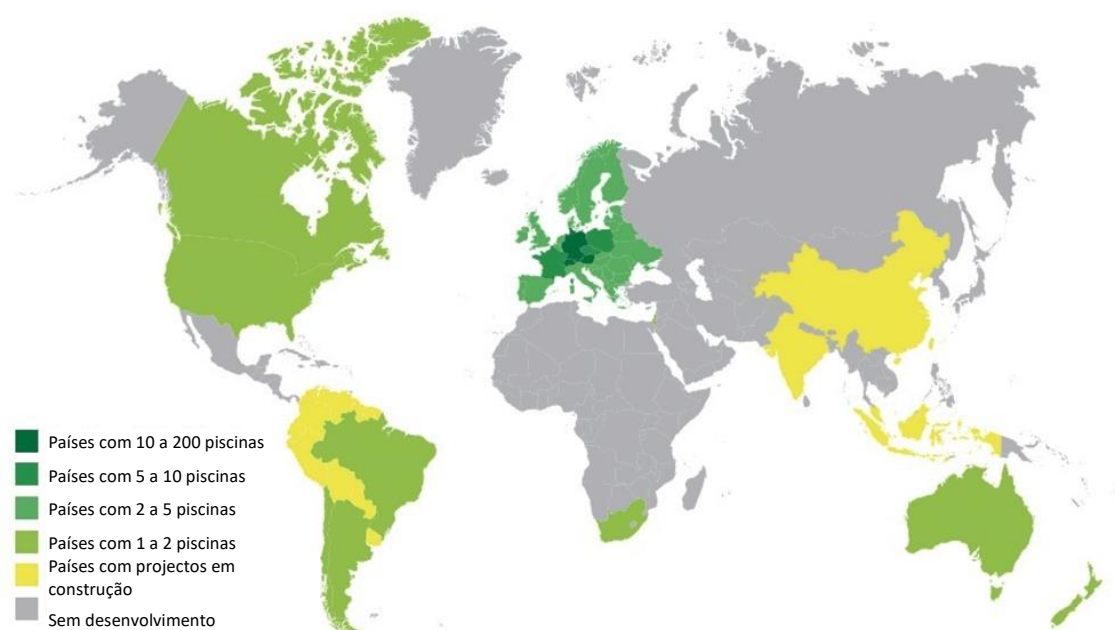
Figura 2 – Piscina com separação de zonas projectada por Werner Gamerith in 1983 na Áustria (in Littlewood, 2005).

Só em 1985 é que este tipo de piscinas chegou ao circuito comercial através da empresa *Biotop*, fundada pelo ambientalista austríaco *Peter Petrich*. Surgiram muitas outras empresas, como por exemplo a *Wassergarten* - propriedade de *Richard Weixler*; ou a *Bioteich* na Suíça; ou a *BioNova®* na Alemanha; e que também propunham alternativas às piscinas convencionais com sistemas de depuração da água ecológicos (Littlewood, 2005; Santos, 2005).

Inicialmente, a construção destas piscinas era muito simples: os materiais utilizados resumiam-se a uma tela para a impermeabilização da piscina; rochas para a zona de divisão; areão e gravilha para a zona de plantação. Também se utilizavam barrotes de madeira para a divisória entre zonas. Com o

avançar da tecnologia surgiram outros sistemas que permitem auxiliar a depuração pelas plantas e aumentar desta forma a qualidade das águas de banho (*Littlewood, 2005; Santos, 2005*).

Foi também na Áustria, país com larga tradição de recreação em lagos e rios, que surgiu a primeira piscina ecológica para uso público no ano de 1991. Desde aí, mais de 20000 piscinas privadas e públicas já foram construídas na Europa, de entre as quais mais de 100 piscinas públicas na Alemanha, e mais de 10 em França. Mais recentemente, foram construídas e abertas ao público piscinas públicas no Canadá (Edmonton, no ano de 2011) e nos EUA (em Mineápolis, no Minnesota, no ano de 2015) (*Littlewood, 2005; Santos, 2005; IOB, 2016*). Na *Figura 3*, pode verificar-se o número de piscinas por país e que mostram a expansão a nível mundial do uso de piscinas ecológicas para fins públicos e privados (IOB, 2016).



*Figura 3 – Mapa de Actividade Internacional. Número total de piscinas por país consoante o indicado para cada intervalo (IOB, 2016).*

Em termos estéticos, e não descurando o que já foi dito, este tipo de piscinas oferece uma alternativa bastante mais apelativa que as piscinas tradicionais; e se falarmos em termos do que ocorre ao longo das estações do ano, enquanto as piscinas convencionais desde o outono até à primavera não têm grande utilização ou estão mesmo fechadas – tornando-se somente uns tanques de betão com água suja e cheia de folhas e outros detritos; já as piscinas ecológicas oferecem usos ao longo do ano mais abrangentes, por exemplo, desde o outono até à primavera oferecem usos variados como para contemplação, para actividades de lazer como *picnics*, para festas de variada ordem, entre outros.

Em alguns países no norte da Europa como Alemanha e Áustria, por exemplo, a água pode congelar e ser utilizada para fazer patinagem ou até outros desportos de inverno (*Littlewood, 2005*).



No nosso País, as piscinas naturais surgiram há cerca de 23 anos, através da empresa Bio Piscinas. O seu primeiro projecto foi construído em 1995 para fins particulares na região do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina no concelho de Aljezur. Desde aí, vários foram os projectos que começaram a surgir um pouco por todo o País (*Figura 4*). No entanto continuam a ser somente para fins particulares, e em alguns *resorts* e hotéis (Santos, 2005; Bio Piscinas, 2018).

A map of Portugal showing the distribution of waterfowl. The map includes major cities like Lisbon, Porto, and Coimbra, and is overlaid with a grid of blue squares containing a waterfowl icon. Green labels like E1, E801, and E802 indicate specific regions or routes.

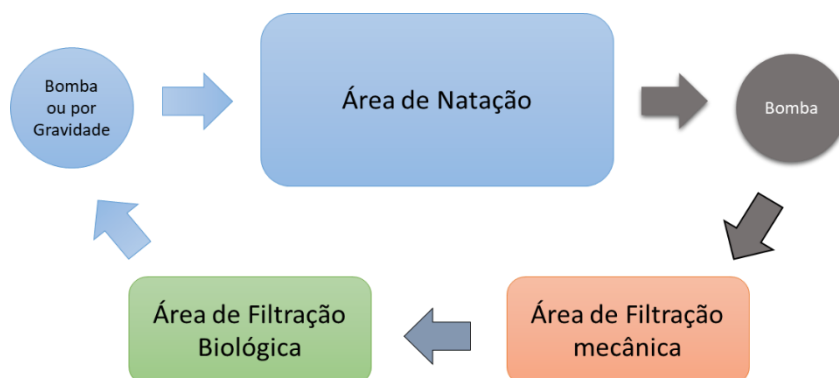
*Figura 4 – Piscinas ecológicas em empreendimentos turísticos em Portugal (IOB, 2018).*

As piscinas de uso público comportam um número mais elevado de banhistas, normalmente acima de 300 pessoas por dia, variando consoante o espaço disponível para a construção da piscina e consequentemente para todas as partes quer de tratamento da água como para a de recreação por forma a garantir a segurança dos banhistas e a boa qualidade da água.

### 3. SISTEMA DE UMA PISCINA ECOLÓGICA E OUTRAS CONSIDERAÇÕES

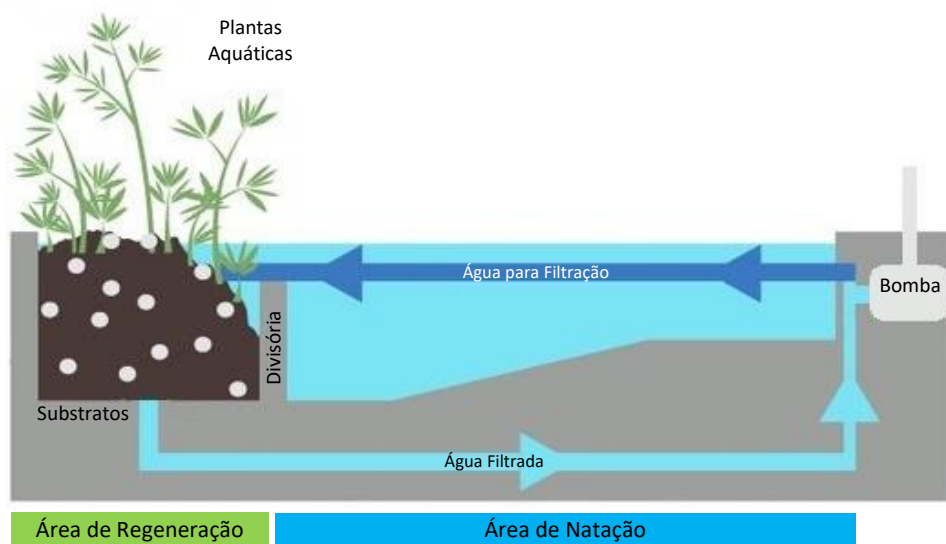
As piscinas naturais, tal como já foi referido, utilizam a capacidade das plantas para absorver as impurezas e os nutrientes da água limpando-a sem recurso a químicos; as bactérias nocivas são destruídas por organismos aquáticos e pelas radiações ultravioletas garantindo uma qualidade da água capaz de ser utilizada para banhos sem prejuízo da saúde dos utilizadores (Santos, 2005; Lecoq, 2014a).

De um modo simplificado, o sistema funciona da seguinte forma (*Figura 5*):



*Figura 5 – Funcionamento simplificado das piscinas naturais (do autor).*

a água da área de natação é retirada através de uma bomba e encaminhada para as áreas de filtração mecânica e de filtração biológica. A água já tratada é novamente introduzida no sistema através de outra bomba, ou por gravidade dependendo do projecto a executar (*Figura 6*).



*Figura 6 – Outro esquema de funcionamento de uma piscina com tratamento biológico (adaptado de <http://es.tools4pro.com/blog/piscinas-naturales-o-biopiscinas-con-una-rubi/>).*

De um modo geral, o que se pretende é o controlo do crescimento de bactérias prejudiciais e de algas; o controlo da quantidade de fósforo existente na água (o qual também é relevante pois condiciona o crescimento das algas); e o volume de água da piscina adequado para que a capacidade de eliminação dos vários tipos de filtros ocorra de forma eficiente e se mantenha estável (HCMA, 2016; IOB, 2016).

A limpeza biológica ocorre na área de filtração biológica (área de regeneração), onde microrganismos agem como decompositores da matéria orgânica e bactérias (como a *Escherichia coli*, entre outras), e onde as raízes das plantas actuam como filtros das substâncias inorgânicas decompostas (água, dióxido de carbono, sais minerais – fosfatos, nitratos, sulfatos, azoto, etc.). Estas têm assim uma fonte de alimento para que possam crescer e desenvolver-se (Ferreira, 2008; Littlewood, 2005).

Também os substratos a utilizar vão ser importantes para manter o ecossistema a funcionar. Se fossem utilizados substratos normais como terra, iriam trazer um *input* de nutrientes para o sistema que iria causar um descontrolo no crescimento de algas e de outros microrganismos nocivos. Se as plantas marginais forem plantadas em areão fino ou saibro, estas vão ser obrigadas a recolherem os nutrientes da água e consequentemente entram no processo de limpeza da piscina (Littlewood, 2005; Lecoq, 2014a).

O sistema combina assim a limpeza levada a cabo pelas plantas com os filtros e *skimmers*<sup>5</sup>, não sendo por isso necessário adicionar ao sistema nenhum químico. As piscinas naturais funcionam quase como um lago natural mas com a diferença de ser um sistema isolado sem fugas para o exterior (embora a água da chuva, por ex., possa entrar no sistema); e como biótopo para uma variedade de organismos, quer sejam plantas, insectos ou animais, bem como para uma experiência de banho totalmente nova (Littlewood, 2005; Santos, 2005; Lecoq, 2014a; HCMA, 2016).

Como adjuvantes do ecossistema, o uso de *skimmers* e de um conjunto de bombas vão servir para ajudar na circulação da água e consequentemente na limpeza desta. Porém a circulação proporcionada por estes sistemas deverá causar um movimento ligeiro para que não ocorram efeitos negativos para os microrganismos. O uso destes sistemas vai permitir a mistura das águas frias e quentes e assim contrariar o efeito de estratificação por diferenças de profundidade, evitando a criação de condições para o crescimento de algas (Littlewood, 2005; Santos, 2005).

Independentemente de o projecto ter uma ou outra configuração ou estilo de desenho, terá sempre de ser composto por duas zonas: uma de natção e outra de regeneração (quer seja com plantas quer seja com o uso de filtros mais ou menos elaborados, mas sempre sem o uso de químicos) e isoladas por uma tela para prevenir que ocorra fuga de água para o exterior do sistema (Littlewood, 2005; Santos, 2005; Lecoq, 2014a).

Ainda segundo Littlewood (2005), também podem ser utilizados outros efeitos para tornar a piscina esteticamente mais apelativa e ajudar na circulação da água, como cursos de água, riachos, fontes, quedas de água, entre outros. A estagnação da água deve ser evitada, devendo esta estar sempre em movimento entre as zonas para que ocorra uma limpeza mais eficaz da água, pois a purificação ocorre tanto na zona de regeneração, como na zona de natção, bem como na de filtragem mecânica (caso exista) pelos diferentes organismos. O uso de *decks* de madeira é necessário para solucionar a necessidade de construção das casas de filtros e de bombas, ficando estas sob o *deck*. (Littlewood, 2005; Santos, 2005; HCMA, 2016).

---

<sup>5</sup> *Skimmer* – compartimento que recolhe a água de superfície eliminando as impurezas que aí existam, encaminhando seguidamente esta água para os restantes elementos de purificação. Existem vários tipos conforme a empresa da especialidade.

De acordo com a FLL<sup>6</sup> (2013), bem como por outros autores, a profundidade da área de natação das piscinas ecológicas varia entre o 1,8m e os 3m consoante o tipo de uso, sem plantas e encontra-se separada da zona de regeneração por uma barreira (que pode ser de vários tipos de materiais) que impede as plantas de progredirem para a área de natação. Esta barreira pode ter a configuração de deixar passar a água para ambos os lados ou funcionar como parede impedindo a passagem de água entre zonas (no caso em que a zona de regeneração está separada da zona de natação).

### 3.1. *Ecossistema de uma piscina ecológica*

Como já foi referido, o princípio de funcionamento de uma piscina ecológica é muito semelhante ao de um lago. Envolve a interação de vários componentes como as plantas, os animais, a luz solar, os nutrientes disponíveis, a temperatura, e as várias características químicas (pH, conteúdo em oxigénio, dureza da água, etc...), por forma a assegurar o funcionamento completo de limpeza da água e assim garantir a boa qualidade desta (Littlewood, 2005; Santos, 2005). Existem vários parâmetros que afectam a qualidade da água, nomeadamente o tamanho e a forma da piscina – principalmente a profundidade; a área de superfície de água exposta à atmosfera; o pH da água; as espécies de plantas que se utilizam na área de regeneração; e as espécies de organismos animais que povoam a piscina (Littlewood, 2005).

Piscinas maiores irão permitir maior variedade de seres vivos a habitar nela e consequentemente um equilíbrio mais estável. Também a profundidade é importante neste caso, uma vez que esta vai influenciar a temperatura da água. Quanto menos profunda for a piscina menor será a probabilidade de ocorrer variação acentuada na temperatura da água e consequentemente de distúrbio do ecossistema (Littlewood, 2005; Santos, 2005; Schwarzer & Schwarzer, 2018).

#### 3.1.1. *Ciclos envolvidos no sistema*

O funcionamento do sistema de uma piscina natural é simples e envolve vários ciclos com vista à purificação da água pelos processos naturais. Estes ciclos são garantidos por seres microscópicos que vão habitar no meio aquático e, comum a qualquer organismo, vão necessitar de energia e compostos orgânicos para a sua sobrevivência (McKane & kandal, 1996).

Alguns dos **ciclos de nutrientes** são importantes de referir pois mostram a forma como os vários intervenientes no processo vão interagir uns com os outros e consequentemente implicar quer na saúde dos utilizadores quer na desestabilização do ecossistema da piscina (McKane & kandal, 1996; Littlewood, 2005; Santos, 2005; HCMA, 2016).

O **ciclo base** é realizado pelos organismos autotróficos que convertem o dióxido de carbono, água e energia proveniente do sol em compostos orgânicos que necessitam para a sua sobrevivência. Estes são os *produtores do ecossistema* e servem de alimento para todos os outros organismos – os *heterotróficos* (McKane & kandal, 1996). Os seres autotróficos são os organismos fotossintéticos como as cianobactérias, as algas e as plantas. Os seres heterotróficos – ou *consumidores do ecossistema*, são todos os outros seres que habitam os ecossistemas.

---

<sup>6</sup> FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (Landscaping and Landscape Development Research Society)



Por sua vez, quando estes organismos perecem, são decompostos (ou mineralizados) pelos fungos e outras bactérias – *estes são os decompositores*, os quais vão mineralizar os compostos orgânicos retidos naqueles organismos transformando-os em compostos inorgânicos, repondo-os assim no sistema (McKane & Kandal, 1996). Por sua vez as plantas aquáticas vão absorver também o dióxido de carbono e vão libertar oxigénio para a água. Se a água estiver suficientemente oxigenada irá suportar todas as formas de vida na piscina e por sua vez ajudar na limpeza da água (Littlewood, 2005).

Fazendo um breve resumo da interacção dos organismos do ecossistema (Figura 7) vamos ter os produtores primários (algas e plantas aquáticas) que trabalham para consumir o dióxido de carbono, transformando-o em compostos para as plantas e em oxigénio para os animais. Estes por sua vez vão consumir algas, moscas de água, pequenos crustáceos, bem como zooplâncton. Por outro lado, estes animais são depois consumidos pelos insectos que habitam no ecossistema (como os alfaíates-aranha, coleópteros, ou larvas de libelinhas). Com o ciclo completo as plantas, os

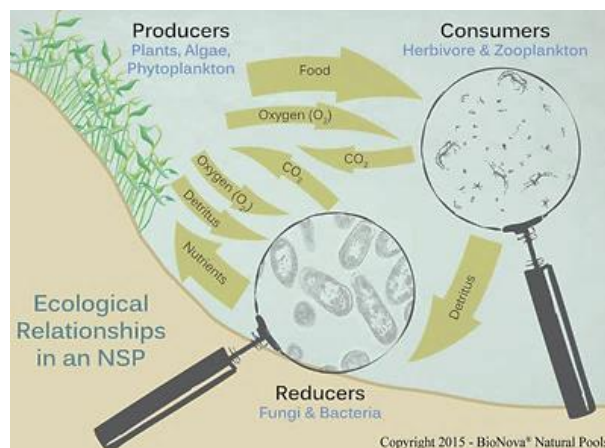


Figura 7 – Ciclo de nutrientes.

animais, e o zooplâncton, vão acabar por perecer e acumular-se no fundo da piscina e na zona de regeneração. Estes são depois utilizados pelas bactérias decompositoras, disponibilizando novamente nutrientes para as plantas e algas (McKane & Kandal, 1996; Littlewood, 2005; HCMA, 2016). O sistema vai estar em equilíbrio quando houver uma actividade estável entre as plantas e as algas. Sem este equilíbrio os processos de eutrofização iriam ocorrer, levando à destruição do sistema da piscina ecológica (Littlewood, 2005; Santos, 2005). Desta forma, quanto mais variedade de organismos houver no sistema, maior será a probabilidade deste se manter estável e a funcionar em todos os seus aspectos (Littlewood, 2005).

O ciclo da **decomposição do azoto (N)** revela-se um dos mais importantes em termos de saúde pública pois implica a eliminação de compostos que, caso ocorram em grandes quantidades, podem causar complicações na saúde dos banhistas. Estes compostos são o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e o nitrito ( $\text{NO}_2$ ) (sendo este o mais prejudicial dos dois) e aparecem naturalmente durante este ciclo (Littlewood, 2005; Santos, 2005).

A primeira fase é a fixação do azoto atmosférico no meio por parte das cianobactérias e outras bactérias de vida livre. Seguidamente a água denominada “suja” (antes de seguir para a área de filtração) será conduzida para o biofiltro, onde as bactérias heterotróficas decompositoras vão ser fundamentais para mineralizar a matéria orgânica de restos de plantas e animais em amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e iões amónio ( $\text{NH}_4^+$ ), dióxido de carbono e água. Após este processo, as bactérias nitrificantes (nitrossomas) vão utilizar as formas de amoníaco para o converter em nitrito ( $\text{NO}_2$ ), e depois deste, as nitrobactérias vão converter este último em nitrato ( $\text{NO}_3$ ) facilmente retirado do sistema pelas plantas como nutriente para o seu crescimento (McKane & Kandal, 1996).

Ambos os compostos devem ser monitorizados durante a primavera para garantir o seu controlo. Na primeira fase o amoníaco atinge a sua concentração máxima, e sensivelmente uma semana depois é a vez do nitrito ter a sua concentração em máximos. Só quando as concentrações destes dois compostos estiverem em níveis negligenciáveis é que se pode considerar o sistema em equilíbrio e, para tal, deverão existir bactérias nitrificantes em quantidade suficiente para manter estes compostos em níveis aceitáveis e impedir a proliferação de algas na água da piscina principalmente na primavera, pois nesta fase é quando ocorre o início do ciclo de crescimento das plantas e como tal ainda não se regista um consumo activo do nitrato por estas últimas (Littlewood, 2005; Santos, 2005; HCMA, 2016).

Embora não vá ser descrito como ciclo, o fósforo é outro dos nutrientes de relevância para o sistema. Este é necessário em quantidades muito pequenas para que se dê o desencadear do crescimento das algas. Ele existe nas proteínas, no ácido ribonucleico (RNA), em constituintes da parede celular, bem como no ciclo de transferência de energia denominado de Adenosina Trifosfato (ATP) que ocorrem em todos os sistemas orgânicos (Mariner, 2014). O fósforo aparece no sistema pela mineralização das substâncias orgânicas como plantas e algas, que se acumulam no fundo da piscina, podendo ser encontrado na água sob várias espécies (como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , e  $\text{PO}_4^{3-}$ ), mas o fosfato solúvel (ião ortofosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) é o que suscita mais problemas (Ferreira, 2008), pois é a fonte de fósforo que se encontra mais disponível para o fitoplâncton e para as bactérias (Mariner, 2014) e consequentemente para as algas (Biotop, 2018).

### 3.1.2. Outros factores

Um dos factores que maior desafio provoca numa piscina ecológica é o controlo do crescimento das algas, pois estas podem provocar uma panóplia de constrangimentos, como impedir o fluxo nos sistemas de drenagem, bloquear bombas e filtros, e criar inúmeros problemas à saúde humana, entre outros (PRF & Newman, 2012). Caso ocorra algum desequilíbrio por alguma razão, como por exemplo, o aumento da temperatura da água ou o aumento de nutrientes presentes, as algas irão multiplicar-se muito rapidamente e colonizar todo o lago (PRF & Newman, 2012). Vão causar a deterioração da água por absorção do oxigénio e vão impedir a luz solar de penetrar nas águas provocando a morte das plantas submersas por falta de luz, assim como de outros organismos vivos do ecossistema (Lecoq, 2014a). Contudo, existem alguns métodos para tentar prevenir o crescimento descontrolado destes organismos.

O zooplâncton é um dos processos mais eficazes no controlo do crescimento das algas pois alimenta-se destas, de bactérias e de fungos removendo-os da água e promovendo assim um tratamento eficiente não sendo necessário a introdução de químicos para o controle destas. A manutenção torna-se assim mínima. O zooplâncton é protegido com o uso de plantas de ensombramento (Figura 8), isto é, de plantas aquáticas com folhas flutuantes como forma de cobrir parcialmente a zona de regeneração e evitar



Figura 8 – Ilustração da disposição das plantas aquáticas  
(<https://www.landscapingnetwork.com/ponds/water-plants.html>).

assim o sobreaquecimento da água, consegue-se obter uma temperatura adequada ao desenvolvimento de plantas com funções de oxigenação da água, as quais competem directamente com as algas pela absorção dos nutrientes (Littlewood, 2005; Santos, 2005). Também vão permitir um aumento da solubilidade do oxigénio (este é mais solúvel em águas frias), e criam correntes na água pela circulação das massas de água fria e as de água quente (a fria encontra-se sob a zona das folhas flutuantes, e a quente que se encontra nas zonas expostas) (Ferreira, 2008; Littlewood, 2005; Lecoq, 2014a).

Outra forma de se conseguir controlar a proliferação das algas é através do uso de palha de cevada (PRF & Newman, 2012). Estudos efectuados pelo Centro de Gestão de Plantas Aquáticas (*Estudo completo em Anexo I*), em Inglaterra sugerem o uso deste método uma vez que não apresenta efeitos indesejáveis quando comparado com métodos de controlo por uso de químicos, como os herbicidas (os quais seriam de todo desaconselhados pois o uso destes produtos é contraproducente nos propósitos de uma piscina ecológica, bem como são nocivos para as plantas, destruindo-as) (PRF & Newman, 2012).

De uma forma simplificada, e ainda segundo o mesmo estudo (PRF & Newman, 2012), este método consiste na colocação da palha em sacas espalhadas pela água da piscina (normalmente na zona de regeneração, mas eventualmente também pode ser colocada na zona de natação caso ocorra um crescimento de algas descontrolado) por forma a iniciar a sua decomposição. Os produtos libertados durante a decomposição da palha vão inibir o crescimento das algas sendo rapidamente absorvidos por estas e inactivados pela lama.

O processo de decomposição é sobretudo de origem microbiana e fúngica e é dependente da temperatura da água, ocorrendo mais rapidamente no verão do que no inverno. Com temperaturas da água na ordem dos 10 °C leva 6 a 8 semanas para iniciar o ciclo, caso a temperatura esteja nos 20 °C demora 1 a 2 semanas. Até ao início deste ciclo o crescimento das algas continuará a ocorrer. A duração da actividade da palha ocorre até esta ser totalmente decomposta, o que pode levar 4 a 6 meses consoante a temperatura da água (PRF & Newman, 2012).

O tratamento tem mais efeito se for aplicado antes do crescimento das algas, uma vez que os compostos libertados são mais eficazes na prevenção do crescimento das algas do que na sua eliminação. Assim sendo os tratamentos deverão ocorrer durante a primavera e outono com temperaturas da água mais baixas (PRF & Newman, 2012).

A quantidade de palha a ser aplicada vai depender da área de superfície do corpo de água, uma vez que a maior parte do crescimento das algas vai ocorrer à superfície, o que torna o valor da profundidade negligenciável. O valor recomendado para o início do tratamento varia entre 25 a 50 gramas de palha por cada metro quadrado ( $\text{g/m}^2$ ). As aplicações seguintes são de metade do valor inicial da aplicação até o problema persistir, mas são aconselhados tratamentos de manutenção reduzindo a quantidade até às  $10\text{g/m}^2$ . Porém não deverá exceder-se a quantidade de  $500\text{g/m}^2$  uma vez que poderá começar a ocorrer problemas de disponibilidade de oxigénio pelos microrganismos decompositores da palha (PRF & Newman, 2012).

O outro método para redução do desenvolvimento das algas passa pela manutenção do nível de nutrientes o mais baixo possível evitando a entrada destes no sistema e controlando a biomassa, promovendo a remoção do excesso. Cortando o excesso de plantas e de matéria morta vai permitir a retirada de nutrientes, bem como de qualquer material nocivo que esteja retido nas plantas, e que poderiam causar desequilíbrio no sistema (*Littlewood, 2005; Santos, 2005; Lecoq, 2014a*).

Outra característica que é bastante apreciada pelos utilizadores e donos de piscinas ecológicas é a vida selvagem que é atraída para a zona de regeneração. À parte das plantas e microrganismos, também os insectos e os anfíbios são benéficos por servirem como predadores de mosquitos e outras pragas. Os sapos vão servir de bioindicadores: caso estejam em número considerável indicam que o ecossistema está equilibrado e a água está com a qualidade desejada (*Santos, 2005; Lecoq, 2014a*).

Também segundo Santos (2005), o aparecimento de caracóis aquáticos se revela de grande importância pois estes têm a capacidade para remover 3 milhões de bactérias e fungos por cada mililitro de água. Actuam igualmente como decompositores do sistema, uma vez que conseguem remover algas, restos de plantas e outros detritos que se acumulem no fundo das piscinas com o movimento do pé. Embora a FLL (2013) aconselhe que esta população seja mantida no mínimo, principalmente na zona de natação, tendo em conta que estes servem de hospedeiro a determinados parasitas.

Já o uso de peixes é desaconselhado pelo desequilíbrio biológico que estes iriam causar no sistema (*Santos, 2005; FLL, 2013*).

Em questões de utilização, é recomendado que não ocorram banhos em piscinas recém-construídas pelo menos durante duas semanas. Durante este período, as plantas vão desenvolver o seu sistema radicular e adaptar-se ao sistema para começarem o processo de limpeza da água (*Littlewood, 2005*). Durante este período e até 5 semanas após a construção, também é possível que se desenvolvam algas mas que serão depois destruídas pelo zooplâncton desde que se povoe a piscina com plantas de folhas flutuantes para garantir a temperatura da água óptima para o desenvolvimento destes (*Littlewood 2005; Santos, 2005*).

### 3.2. Parâmetros de Qualidade da Água e Questões de Saúde Pública

Embora em Portugal, as piscinas ecológicas para uso público ainda não estejam a ser uma realidade, o mesmo não acontece noutros países da Europa. Um dos países que mais desenvolveu este tipo de usos de piscinas públicas foi a Alemanha, tendo mesmo instituído toda uma panóplia de legislação a ser respeitada na construção e utilização destas piscinas. A mais significativa é a produzida pelo grupo FLL que em 2011 (2013 para a versão informática) publicou a sua mais recente listagem de normas e a qual pode servir de referência para a aplicabilidade deste tipo de piscinas em Portugal, uma vez que a legislação portuguesa ainda não abrange este tipo de usos e de instalações.

A qualidade da água destas piscinas naturais vai estar sujeita às condições ecológicas, o tipo e a frequência de uso, as estruturas e as técnicas utilizadas, sendo que a estabilidade ecológica será fundamental neste sistema e depende da comunidade biológica própria desse local (*FLL, 2013*).

O uso intensivo da piscina vai introduzir grandes quantidades de impurezas pelos banhistas e causar alterações consideráveis no sistema produtivo (em todo o nível trófico). Para a sua eliminação é necessário assegurar uma zona de regeneração adequada ao tamanho da piscina e instalar medidas complementares para auxiliar na depuração da água e otimizar as condições ecológicas para o máximo possível. Porém, como premissa principal, está a saúde dos banhistas, e esta sobrepõe-se a todas as outras condicionantes (FLL, 2013).

Outro factor importante diz respeito à monitorização de todo o sistema, a qual tem de ser contínua e respeitar (o mais possível) os valores de referência para cada um dos parâmetros a seguir mencionados (FLL, 2013).

### 3.2.1. Parâmetros Físicos

Neste ponto, vamos ter alguns parâmetros a considerar, nomeadamente a transparência da água em profundidade, a saturação de oxigénio e a temperatura da água. No ponto acima já comentámos alguns dos factores que podem originar desequilíbrios no sistema. Os valores base a ter em conta estão descritos na tabela seguinte:

Tabela 1 – Parâmetros físicos na zona de natção (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Recomendado	Valor Mínimo
1	Saturação de Oxigénio	80 - 120%	-
2	Transparência em Profundidade	Até ao fundo	1,80m
3	Temperatura da água	≤ 25 °C	-

“No caso da temperatura, esta poderá ser suportada durante cinco dias até valores de 28 °C. No entanto pode haver crescimento de seres patogénicos se esta temperatura subsistir” (in FLL, 2013).

“A água da piscina pode eventualmente ser aquecida por meios técnicos, contudo deverá ser tido em consideração o aquecimento pelo sol. Caso a temperatura da água esteja igual ou superior a 23 °C, o aquecimento (se for artificial, isto é, gerado pela técnica) deverá ser desligado” (in FLL, 2013).

### 3.2.2. Parâmetros Químicos

“A água da piscina natural não poderá conter concentrações de químicos que sejam prejudiciais à saúde pública ou que possam prejudicar o ecossistema natural. Caso se manifeste alguma suspeita de concentrações acima do recomendado deverão ser feitas análises à água” (in FLL, 2013).

#### Água de Enchimento (ou de compensação)

“A água que se utilizar para o enchimento inicial da piscina é decisiva para a adaptação dos factores biológicos aos parâmetros físico-químicos básicos e deverão corresponder aos indicados na tabela 2.

Esta água deverá ser utilizada somente para encher inicialmente a piscina ou para compensar casos de perda de água por evaporação, por exemplo, e não deverá ser utilizada para contrabalançar o mau funcionamento da área de regeneração” (in FLL, 2013).

“Caso mais de 3% do total de água tenha de ser reposta diariamente, deverá ser determinada a causa de perda de água, por exemplo, por fuga através de furos na tela ou por outros meios” (in FLL, 2013).

Tabela 2 – Valores químicos recomendados para a água de enchimento (após pré-tratamento caso seja necessário) (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Recomendado
1	Amoníaco	$\leq 0,5$ mg/l
2	Ferro	$\leq 0,2$ mg/l
3	Fósforo Total ( $F_{Total}$ F)	$\leq 0,01$ mg/l
4	Dureza (terras alcalinas totais)	$\geq 1,0$ mmol/l
5	Conductividade	$\leq 1000$ $\mu$ S/cm a 25 °C
6	Manganésio	$\leq 0,05$ mg/l
7	Nitrato	$\leq 50,0$ mg/l
8	Valor pH	6,0 - 9,0
9	Capacidade ácida	$\geq 2,0$ mmol/l

### Água da Zona de Natação

Aplicam-se os valores indicados na tabela 3.

Tabela 3 – Valores recomendados para a água da zona de natação (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Recomendado
1	Amoníaco	$\leq 0,3$ mg/l
2	Fósforo Total ( $F_{Total}$ F)	$\leq 0,01$ mg/l
3	Dureza (terras alcalinas totais)	$\geq 1,0$ mmol/l
4	Conductividade	200 - 1000 $\mu$ S/cm a 25 °C
5	Nitrato	$\leq 30,0$ mg/l
6	Valor pH	6,0 – 8,5 (excepcionalmente até 9)
7	Capacidade ácida	$\geq 2,0$ mmol/l

### Água Pura

“Esta água corresponde à que sai após a filtração e purificação biológica e antes de entrar na zona de natação novamente. Com excepção do valor para o amoníaco (para  $\leq 0,1$  mg/l), recomenda-se os mesmos valores que os mencionados para a água da zona de natação (tabela 4)” (in FLL, 2013).

Tabela 4 – Valores recomendados para a água após purificação (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Recomendado
1	Amoníaco	$\leq 0,1$ mg/l
2	Fósforo Total ( $F_{Total}$ F)	$\leq 0,01$ mg/l
3	Dureza (terras alcalinas totais)	$\geq 1,0$ mmol/l
4	Conductividade	200 - 1000 $\mu$ S/cm a 25 °C
5	Nitrato	$\leq 30,0$ mg/l
6	Valor pH	6,0 – 8,5 (excepcionalmente até 9)
7	Saturação de Oxigénio	$\geq 80$ %
8	Capacidade ácida	$\geq 2,0$ mmol/l



### 3.2.3. Parâmetros Biológicos

“Neste tipo de piscinas, e tal como já mencionado, não deverão ser colocadas espécies de peixes, devido ao desequilíbrio biológico que iriam causar e qualquer peixe que se encontre neste tipo de piscinas com tratamento biológico da água deverá ser retirado. Também se deverá proporcionar condições para manter afastados quaisquer pássaros aquáticos e ratos, principalmente se estivermos a fazer o planeamento da piscina em zona de concentração de comunidades de aves aquáticas” (in FLL, 2013).

“Também as populações de caracóis deverão ser mantidas em níveis mínimos, principalmente na zona de natção, uma vez que são percursoros de infecções por cercaria (*Schistosolum* sp) após penetrarem na pele humana (as cercarias servem-se do caracol como hospedeiro, na água penetram na pele dos seres humanos causando dermatite dos banhistas)” (in FLL, 2013).

“Relativamente aos seres microscópicos, como as algas, o fitoplâncton ou o zooplâncton, também se deve ter alguns cuidados. Assim, quanto às algas, estas fazem parte do sistema e não são necessárias acções específicas a não ser que estejam a ocorrer numa concentração elevada. Nesta situação vão competir com as plantas pelos nutrientes e podem mesmo chegar a eliminar estas últimas do sistema, para além de que são inestéticas para o uso da zona de natção” (in FLL, 2013).

“Quanto ao fitoplâncton, este deve ser constituído maioritariamente por diferentes espécies de algas verdes (*Clorophyta*), diatomáceas (*Bacillariophyceae*), e espécies do filo *Cryptophyta*” (in FLL, 2013).

“Quanto ao zooplâncton, este vai desempenhar um papel muito significativo para a purificação *in situ* da água, pois vão eliminar por filtração o fitoplâncton, as algas, microrganismos patogénicos e partículas que se encontrem na água, mantendo o controlo sobre estas populações” (in FLL, 2013).

“Em termos técnicos, todos os circuitos de tubagens, veios, mangueiras, condutas de protecção, ligações das tubagens, etc. devem ser estruturados para impedir a entrada de pequenos animais como ratos, sapos, martas ou fuinhas, entre outros” (in FLL, 2013).

Tabela 5 – Valores biológicos recomendados para a zona de natção (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Recomendado
1	Fitoplâncton	≤ 0,1 mm <sup>3</sup> /l

### 3.2.4. Parâmetros microbiológicos sanitários

Neste ponto caracterizam-se os parâmetros respeitantes aos organismos patogénicos causadores de doenças para as diferentes zonas da piscina.

A contaminação fecal das águas de banho é um dos maiores riscos para quem recorre a estas piscinas para se banhar. Este tipo de contaminação é provocado por alguns hábitos menos adequados dos banhistas, como libertação de fezes ou fraca higiene, pode também ser provocada por água contaminada que entre no sistema, ou então através de contaminação indirecta por animais como aves ou roedores. A contaminação não-fecal é igualmente um factor de risco e é causada pela introdução de substâncias orgânicas como muco, saliva, pele ou mesmo vomitado pelos banhistas (WHO, 2006 in Casanovas-Massana & Blanch, 2013).

Água da zona de natação

Tabela 6 – Valores máximos para os parâmetros microbiológicos sanitários (FLL, 2013).

Nº	Parâmetro	Valor Máximo
1	<i>Escherichia coli</i>	≤ 100 cfu/100 ml <sup>1)</sup>
2	<i>Enterococci</i>	≤ 50 cfu/100 ml <sup>1)</sup>
3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	≤ 10 cfu/100 ml <sup>1)</sup> e <sup>2)</sup>
4	<i>Legionella</i> <sup>3)</sup>	Abaixo do limite de detecção em 100 ml

1) cfu - Unidade formadora de colónias

“Estes organismos não são por eles próprios patogénicos, mas servem de indicadores da presença de microrganismos patogénicos” (in FLL, 2013).

2) “Experiências práticas demonstraram que a recolha de amostras e a determinação da presença de *Pseudomonas aeruginosa* deve ser feita com precauções especiais” (in FLL, 2013).

3) “A amostragem regular da *Legionella* só é necessária em piscinas com aquecimento artificial” (in FLL, 2013).

“Quando os valores máximos são ultrapassados, devem ser tomadas medidas tanto estruturais como operacionais por forma a serem atingidos novamente os valores recomendados” (in FLL, 2013).

Água Pura

“A qualidade da água após a purificação quer biológica quer mecânica, deve ser tal que os valores máximos da tabela 6 não sejam atingidos” (in FLL, 2013).



#### 4. PLANIFICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UMA PISCINA ECOLÓGICA

A construção de uma piscina ecológica varia muito em função do fim a que se destina e no caso de ser para fins privados, geralmente denominada unifamiliar, a quantidade de processos necessários para desinfecção da água são poucos quando comparados com uma piscina ecológica para uso público, onde o número de utilizadores pode ascender aos 3000 por dia.

##### 4.1. Variantes e Especificações de piscinas

De acordo com as orientações da FLL na edição de 2006 e revistas em 2017 sobre piscinas ecológicas, estas podem apresentar diferentes configurações consoante o projecto e o tipo de equipamentos utilizados, e como tal serem classificadas de acordo com essas características (DGfNB, 2018).

Porém, qualquer que seja o projecto devem ser levadas em consideração as boas práticas de planeamento, construção e manutenção, assim como os princípios limnológicos, biológicos e as características do local. Mas para todo o tipo de piscinas, o importante é que o tratamento da água seja feito de forma natural preferencialmente por plantas ou filtros que não afectem o plâncton ou outros organismos aquáticos. A necessidade de manutenção vai variar consoante o maior ou menor uso de tecnologia para auxiliar o tratamento da água (DGfNB, 2018).

Assim sendo, as piscinas ecológicas são classificadas em cinco grupos:

- Categoria tipo I – Natureza
- Categoria tipo II – Semi-natureza
- Categoria tipo III – Natural
- Categoria tipo IV – Biofiltro
- Categoria tipo V – Biopiscina

##### 4.1.1. Categoria Tipo I – "Natureza"

Nesta categoria inserem-se as piscinas com sistema de tratamento de água totalmente feito por processos naturais, sem qualquer tipo de técnica, usando apenas as plantas e microrganismos. O contacto com animais e plantas torna-se mais próximo, a diversidade de plantas e animais também é mais rica (Figura 9). Na maior parte do tempo a água é límpida, no entanto, derivado aos ciclos biológicos naturais que ocorrem durante as estações do ano, é de esperar alguma turbidez esporádica da água (DGfNB, 2018; Luther, 2018).



Figura 9 – Vistas sobre a piscina do Tipo I, onde o contacto com a natureza é muito próximo (Luther, 2018).

A construção é feita com base num único tanque e não tem circulação artificial da água, esta é feita somente por processos naturais. Como tal não tem gasto de energia para o seu funcionamento. Normalmente o tamanho mínimo para a parte de natação é de 120m<sup>2</sup>; a profundidade mínima é de 2m e a zona de regeneração tem de ocupar no mínimo 60% da superfície para que o tratamento da água seja feito de forma eficiente (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

Em termos de manutenção, esta é necessária para o corte das plantas duas vezes por ano e para a aspiração de fundo 1 vez por ano (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

#### 4.1.2. Categoria II – “Semi-Natureza”

O sistema “Semi-Natureza” (Figura 10) fornece igualmente um ecossistema completo e engloba as piscinas com tratamento de água totalmente feito por plantas, porém, faz uso de um *skimmer* para efectuar a extracção de água da superfície como forma de remover as impurezas e detritos orgânicos que possam estar a boiar à superfície. Neste tipo de piscina, a água é na maior parte do tempo mais translúcida e pobre em nutrientes (DFfnB, 2018; Luther, 2018).



Figura 10 – Piscina do Tipo II com existência do skimmer sob a área de estrado (DGfnB, 2018).

A construção destas piscinas utiliza também um tanque único, mas engloba o sistema de extracção por *skimmers*. Esta técnica comporta a necessidade de algum consumo de energia eléctrica para manter o funcionamento destes últimos. A área mínima para a parte de natação é de 100m<sup>2</sup>, com uma profundidade a rondar também os 2m e com uma zona de regeneração acima dos 50% da superfície (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

A manutenção é semelhante à piscina de categoria I com o corte das plantas (2 a 3 vezes por ano), a aspiração de sedimentos do fundo (mais de 2 vezes por ano), e a limpeza dos *skimmers* sempre que se fizer algum tipo de manutenção anterior ou sempre que necessário (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

#### 4.1.3. Categoria III – “Natural”

Este sistema engloba as piscinas com alguma técnica. Usam da mesma forma duas zonas distintas, a de natação e a de regeneração, às quais se acrescenta uma zona de filtração interna com fluxo direccionado. Para além do uso dos *skimmers*, este sistema de fluxo direccionado facilita e melhora o tratamento da água e permite a manutenção da água limpa (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

Esta categoria de piscinas oferece igualmente uma experiência de banho natural (Figura 11), com um crescimento das plantas regular e uma diversidade de vida selvagem. É igualmente o tipo de piscina mais construído (DFfnB, 2018).

A construção desta categoria é feita utilizando um tanque com uma zona de filtração interna, em que se recorre a uma bomba de baixo consumo para promover a circulação da água. Usa igualmente a tecnologia dos *skimmers*. Por estes factores a necessidade de energia eléctrica é evidente, mas mesmo assim é baixa tendo em conta a alta eficiência da bomba e dos *skimmers*.

A área de regeneração pode ser diminuída desde que se garanta o funcionamento de todos os sistemas tecnológicos. Assim sendo, para a área de natação o tamanho mínimo é de 80m<sup>2</sup>, com uma profundidade entre o 1,5m e os 2m, e uma zona de regeneração com plantas de pelo menos 40% da superfície (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

A manutenção deste grupo passa igualmente pelo corte das plantas 2 a 3 vezes por ano e sucção do fundo mais de 1 vez por mês (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

#### 4.1.4. Categoria IV – “Biofiltro”

Nesta categoria inserem-se as piscinas cuja construção permite dois tanques separados, com fluxos direccionados nas zonas de filtração e com menor uso de plantas. Tendo em conta o intenso sistema de filtração da água, o qual ocorre de forma parcial no tanque exterior, a qualidade da água é superior às categorias anteriores (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

Neste tipo de piscina (Figura 12), a experiência de banho em águas tratadas sem químicos e com excelente qualidade é também o objectivo principal, mas em que a existência de plantas e vida animal é colocada em segundo plano de forma propositada (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

Em termos construtivos, tal como referido, há a possibilidade de separação das áreas em dois tanques com possibilidade de estes estarem em cotas diferentes, utilizando fluxos direccionados nas zonas de filtração. Aqui o consumo de energia para manter o sistema a funcionar é maior do que nas categorias anteriores, mas com o uso de bombas de alta eficiência e ajustadas ao sistema é possível manter um consumo mesmo assim baixo. A vantagem é uma água mais limpa e com uma qualidade mais elevada. Este tipo de piscina permite o aquecimento da água recorrendo a painéis solares para o efeito, de forma a minimizar o consumo de energia. O tamanho mínimo da área de natação pode ser reduzida para 60m<sup>2</sup> com uma profundidade de 1,5m a 2m. Já a área de regeneração pode ser reduzida também, a atingir no mínimo 40% da área de superfície (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

Relativamente à manutenção, esta vai ser mais elaborada por forma a manter todo o sistema a funcionar. Assim será necessário o corte das plantas 2 a 3 vezes por ano com aspiração do fundo todas as semanas, se for possível. A manutenção pode ser simplificada se forem utilizados robôs de limpeza (DFfnB, 2018; Luther, 2018).



Figura 11 – Piscina de categoria 3 com área de regeneração e zona de filtração (Biotop, 2018).



Figura 12 – Dois exemplos de sistemas de separação de áreas, com filtros e fluxos direccionados (Biotop, 2018).



#### 4.1.5. Categoria V – “BioPiscina”

Neste grupo inserem-se as piscinas sem área de regeneração com plantas (*Figura 13*). Estas são substituídas por uma unidade técnica com filtros incorporados que vão remover as impurezas e os nutrientes propícios ao desenvolvimento de algas, como é o caso do filtro de fosfato. Têm um fluxo contínuo direccionado, o qual permite que a água seja encaminhada para a zona técnica mantendo assim a água limpa e com qualidade superior. As plantas aquáticas são utilizadas meramente para decoração oferecendo assim um pequeno habitat para a vida selvagem. Esta categoria permite recorrer a um projecto com um *design* mais sofisticado, pois faz uso da alta tecnologia para manter a qualidade da água, igualando a estética de uma piscina tradicional; oferece desta forma uma experiência de banho num ambiente requintado e elegante, mas numa água limpa e sem recurso a químicos (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

A construção destas piscinas com água natural passa por um tanque para a área de natação e uma área técnica exterior separada da anterior para o tratamento da água, fluxos contínuos e direccionados para a área de tratamento, e com o uso de *skimmers*. Com esta tecnologia, as áreas da piscina podem ser de dimensões reduzidas, significando a possibilidade de ser incorporada uma piscina mesmo nos jardins mais pequenos. O tamanho mínimo da área de natação é de 50m<sup>2</sup>, com uma área de processamento pelo menos de 30%. Já a profundidade pode variar consoante o local e o que for pretendido (DFfnB, 2018; Luther, 2018).



*Figura 13 – Piscina natural com tratamento biológico por unidade externa de filtros (Biotop, 2018).*

Em questões de manutenção, esta consegue ser quase toda automatizada e passa por limpeza das paredes e do fundo da piscina utilizando robôs de limpeza com uma periodicidade semanal. Os custos de manutenção vão assim estar directamente relacionados com a maior ou menor tecnologia utilizada na piscina (DFfnB, 2018; Luther, 2018).

#### 4.2. Outras considerações

Todos os tipos de piscinas descritos no ponto acima estão dimensionados para piscinas de carácter privado ou para uso doméstico, o que supõe áreas mais pequenas do que as necessárias para piscinas de carácter público. Relativamente a estas últimas, tudo é possível ajustando as áreas de natação e de regeneração conforme o número de banhistas a utilizar a piscina. A dimensão pode variar desde os 400m<sup>2</sup> até aos 7000m<sup>2</sup> ou mais e a profundidade pode variar desde os 2,4m até 3,6m. O que irá ser alterado é a forma como se processa a purificação da água:

- só com recurso à zona de regeneração, em que o tamanho adequado à zona de natação tem de ter ratio mínimo de 1:1 (o que implica a existência de maior espaço para construção);
- só com recurso a unidades de filtros, em que estes vão proceder à filtração e purificação da água (normalmente é utilizada esta variante quando o espaço disponível é limitado, ou em reconversões

de piscinas já existentes cujas condições não sejam adequadas à implementação de zonas de regeneração com área útil para purificação com eficiência garantida);

- variantes com recurso a ambos os sistemas, em que podem ser ajustadas as áreas destinadas a cada um deles, bem como adicionando filtros mecânicos ao sistema (*Littlewood, 2005; Biotop, 2018*).

Vários são os exemplos de piscinas por todo o mundo já com sistema de purificação da água sem recurso a cloro, e que mantêm a qualidade da água mesmo sendo utilizadas por mais de 1000 banhistas ou mais por dia. Após vários anos de controlo através de análises à qualidade da água por entidades oficiais, esta mantém-se livre de bactérias nocivas e apresenta inclusivamente qualidade para água de consumo humano. Estes resultados indicam a boa qualidade de construção e o equilíbrio do sistema de regeneração da piscina (*Littlewood, 2005; Santos, 2005; IOB, 2016*).

Outra vantagem de grande relevância quando se fala em piscinas públicas são os custos de manutenção associados a este tipo de piscinas. Não só se melhora a qualidade do ambiente, como também do erário público uma vez que os custos para manter estas piscinas é substancialmente menor do que para o caso das piscinas ditas tradicionais, além das vantagens associadas às piscinas naturais é a possibilidade de construção de instalações melhores para receber os visitantes, bem como possibilitar outro tipo de entretenimento como a observação da vida natural em especial de espécies em risco ou mesmo para locais de festas apropriadas ao espaço (*Littlewood, 2005; IOB, 2016; Schwarzer & Schwarzer, 2018*).

#### 4.3. Piscina Tradicional vs. Piscina Ecológica

Como já referido anteriormente, as piscinas naturais tentam recriar os ecossistemas naturais dos lagos e lagoas.

Explorando um pouco de cada um dos sistemas presentes numa piscina ecológica, consegue-se ter noção da “complexidade” relativamente simples deste sistema integrado.

Esta é a principal diferença entre as piscinas naturais e as piscinas ditas tradicionais (*Figura 14*).

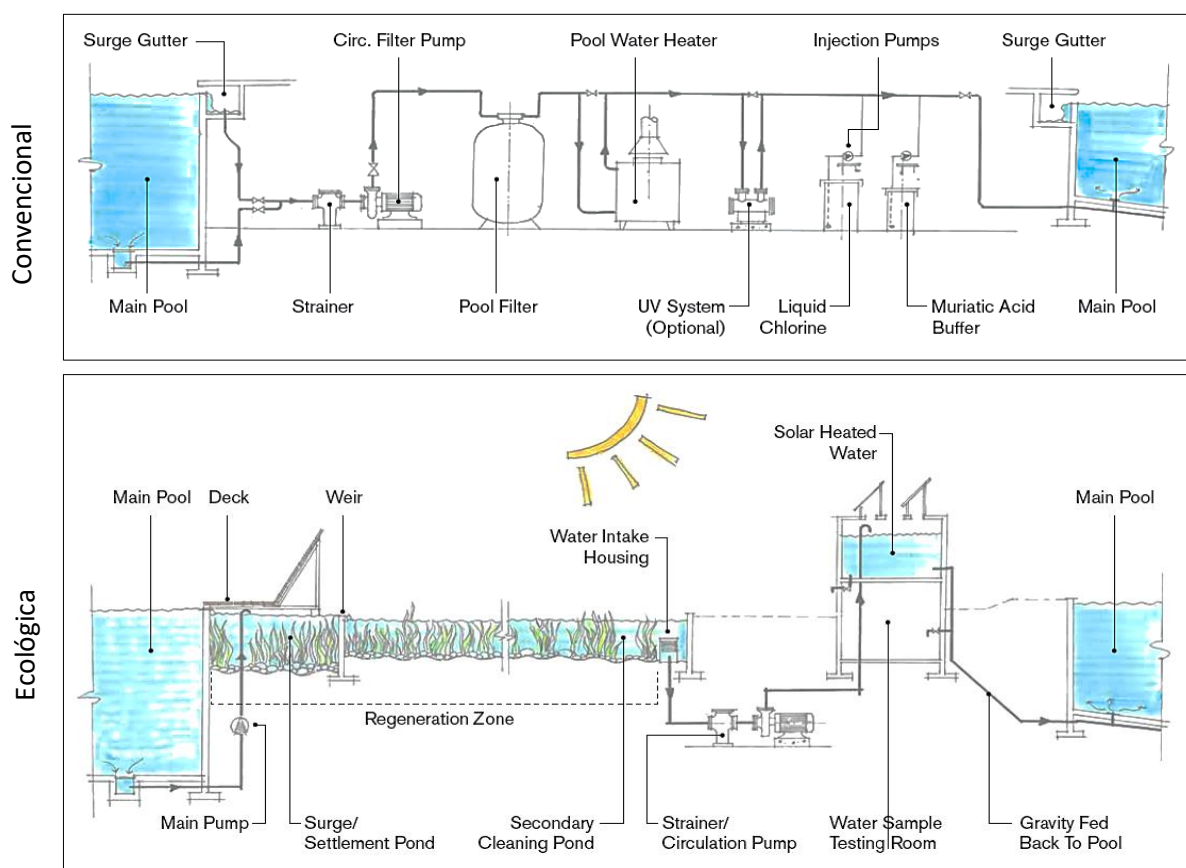


Figura 14 – Vista geral para comparação entre uma piscina tradicional e uma piscina natural (AME Group, in HCMA, 2016).

Para melhor se perceber a diferença entre estes dois tipos de piscinas, seguem-se figuras comparativas ao nível do sistema mecânico.

Na *Figura 15* verificamos as diferenças entre estes tipos de piscinas ao nível do sistema de filtração. No sistema tradicional existe um filtro mecânico que requer o *input* de energia constante para o seu funcionamento. Já no sistema natural, esse sistema é substituído por um lago para filtração através de um filtro de areia ou de outro material. O uso de agentes desinfetantes como o cloro, agentes tampões e um sistema de UV são desnecessários e substituídos por uma zona de filtração biológica contendo canas, juncos e lentilhas, por exemplo (HCMA, 2016).

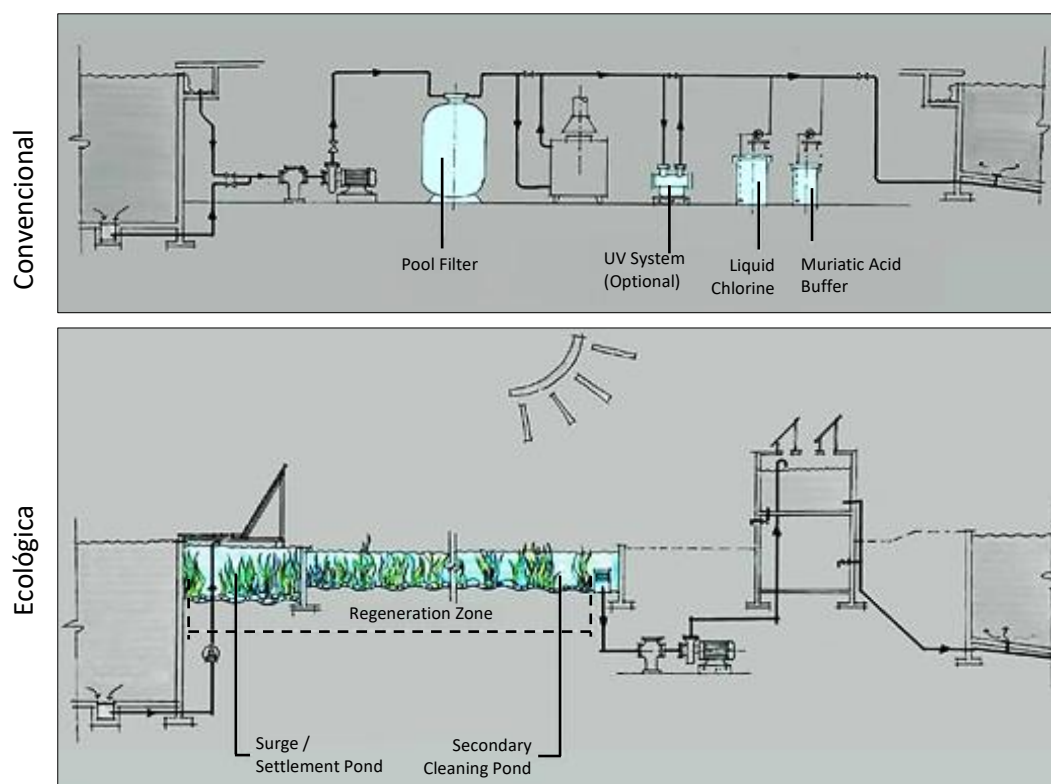


Figura 15 – Sistema de Filtração – Piscina Convencional vs. Piscina Ecológica (AME Group, in HCMA, 2016).

Já no sistema de aquecimento (Figura 16) também irão registrar-se diferenças significativas quer em energia necessária quer em custos ao longo do ano.

A piscina tradicional necessita de ser aquecida com recurso a um sistema de aquecimento que necessita de energia constante. Já a piscina natural utiliza a energia solar, com recurso a painéis solares, para aquecimento da água durante o dia ou caso seja necessário um aquecimento extra (HCMA, 2016).

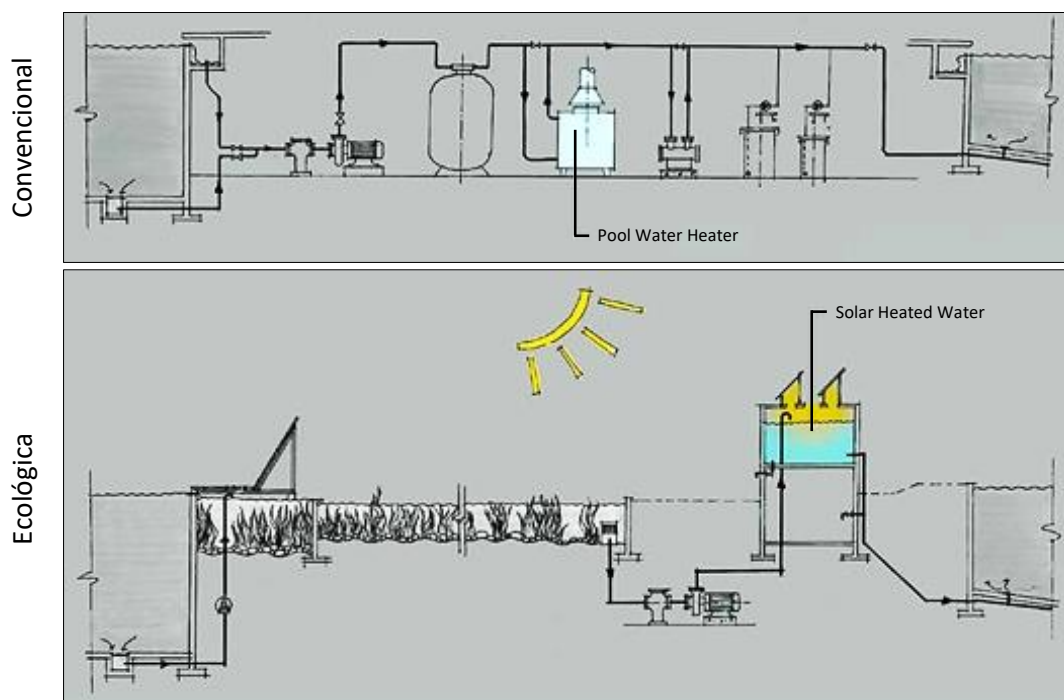


Figura 16 – Sistema de Aquecimento – Piscina Convencional vs. Piscina Ecológica (AME Group, in HCMA, 2016).

Quanto ao sistema de fluxo da água (Figura 17) ao longo do percurso, na piscina tradicional verifica-se mais uma vez a necessidade de utilizar uma bomba para forçar a circulação da água, aumentando ainda mais os custos energéticos. Já a piscina natural tem por base o princípio da gravidade para provocar a circulação da água, diminuindo significativamente a circulação da água (HCMA, 2016).

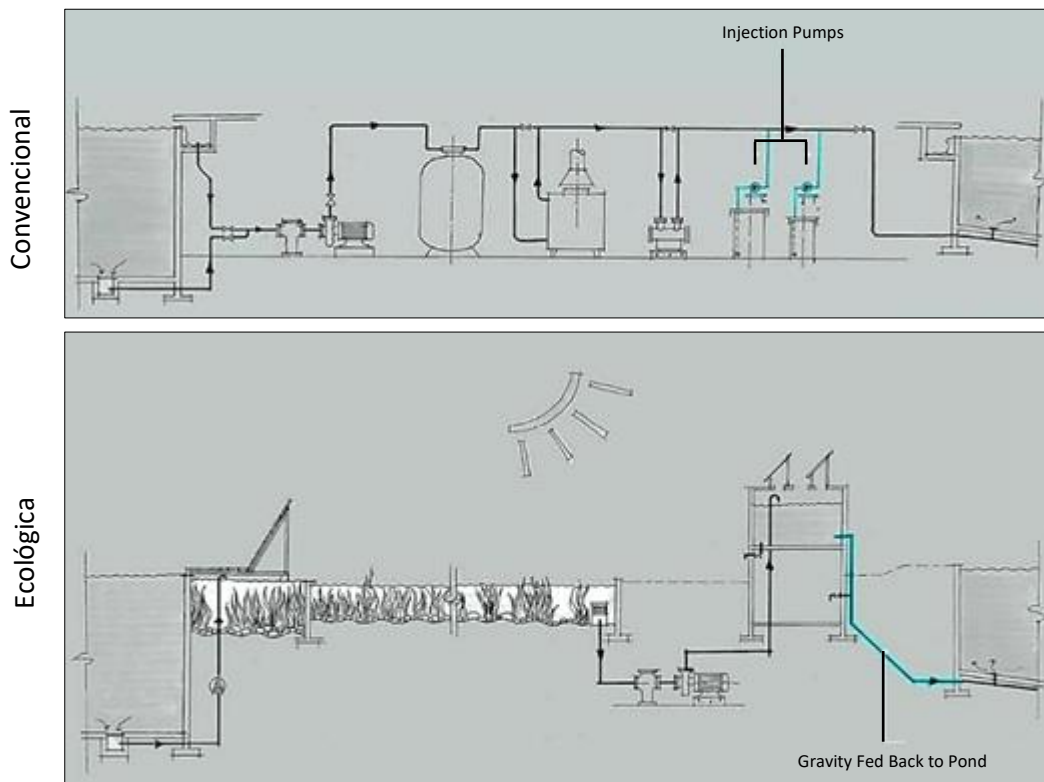


Figura 17 – Sistema de fluxo de água – Piscina Convencional vs. Piscina Ecológica (AME Group, in HCMA, 2016).

#### 4.4. Planificação de uma Piscina Ecológica

Numa época em que se fala cada vez mais em problemas ambientais, poluição do ar e da água, erosão do solo, desflorestação e destruição de habitats com a conseqüente perda de espécies, planear uma piscina ecológica é uma forma de solucionar alguns destes problemas a nível local. Não só é uma forma de evitar gastos excessivos de energia pois podem ser utilizados painéis fotovoltaicos como fonte de energia, como de consumo de água excessivo, bem como de evitar o uso de químicos (Santos, 2005; Lecoq, 2014a).

Ao introduzir-se um elemento tão extensivo como o é uma piscina ecológica numa paisagem, deve ter-se em atenção o todo e não só o espaço que aquela vai ocupar; não só vai afectar a paisagem local como todo o ecossistema circundante. Assim sendo, o processo de planeamento é uma parte importante da construção propriamente dita e deverá ser efectuado por uma equipa experiente com conhecimentos tanto de biologia como de arquitectura paisagista, pois é necessário conhecer o local de implementação da piscina bem como todas as suas vertentes e condicionantes, assim como a lotação máxima prevista de banhistas a utilizar a piscina (Schwarzer & Schwarzer, 2018).



Este processo engloba tanto os parâmetros naturais como os sociais, por forma a tornar o projecto enquadrado no espaço do jardim. Também a satisfação do cliente se torna um ponto de grande relevância no desenho do projecto, tanto para piscinas privadas como para as de carácter público, e como tal deverá ser tido em conta os requisitos sobre as expectativas deste.

Existem igualmente alguns parâmetros mais técnicos a observar antes de se passar à fase de desenho do projecto e que devem ser registados num estudo prévio (*no Anexo II encontram-se alguns dos factores a incluir neste estudo bem como outras considerações a ter em apreço*).

Para a situação específica do planeamento das piscinas públicas deverá ser efectuado a visita ao local com todos os intervenientes (cliente e equipa de planificação), um estudo de viabilidade, onde se deverão definir os critérios e as prioridades da implementação do projecto, tendo em conta as vantagens e desvantagens deste, as diferentes soluções técnicas para a sua execução, a viabilidade económica do mesmo (custos de construção, custos operacionais, custos de manutenção, etc.), a viabilidade técnica (nível freático subterrâneo, construção de instalações de apoio e infra-estruturas), e a estrutura em termos de organização e de gestão (manutenção, segurança, higiene, etc.) (Schwarzer & Schwarzer, 2018). Também deverá ser tido em conta a previsão das áreas de estacionamento, das instalações sanitárias, das instalações de nadadores-salvadores e enfermaria, e dos balneários no caso de piscinas públicas (Lecoq, 2014a).

Na *Tabela 7* pode verificar-se a comparação de custos entre uma piscina tradicional versus uma piscina ecológica (Schwarzer & Schwarzer, 2018). Sem dúvida de que os custos no final do processo são significativamente diferentes com vantagem para a instalação de uma piscina com tratamento biológico.

*Tabela 7 – Comparação de custos reais de dois orçamentos para a construção da piscina da cidade de Kirchdorf, Alemanha (Schwarzer & Schwarzer, 2014).*

	<b>Variante piscina de tratamento biológico</b>	<b>mil €</b>	<b>Variante de piscina convencional</b>	<b>mil €</b>
<b>Bacia</b>	Modelação da forma da piscina, impermeabilização, substratos	130	Bacia	1.500
	Demolições	10	Reconstruções	100
	Tubagem	36	Tubagem	60
<b>Área envolvente</b>	Bombas	12	Bombas	25
	Instalações eléctricas	15	Instalações eléctricas	20
	Iluminação	9	Iluminação	9
	Bacia para crianças mais pequenas	20	Bacia para crianças mais pequenas	0
	Casa das máquinas	10	Casa das máquinas	40
	Paisagismo	30	Paisagismo	30
	Passadiço e ponte em madeira	48	Passadiço e ponte em madeira	48
	Área de jogos desportivos	12	Área de jogos desportivos	12
	Área de jogos com água	10	Área de jogos com água	10
	Campo de beach volley	2,5	Campo de beach volley	2,5
<b>Tratamento de água</b>	Custos de construção auxiliares	100		0
	Equipamentos de limpeza	5	Equipamentos de limpeza	12
	Filtro biológico emerso	16	Equipamento de dosagem de cloro	15
	Filtro biológico submerso	10	Filtro de areia	150
	Tratamento da água de enchimento	12	Tratamento da água de enchimento	0
	<b>Total</b>	<b>487,5</b>	<b>Total</b>	<b>2.033,5</b>

Revista: Stadt + Grün 1/2003 (ISSN 0948-9770), pág. 29-31

Já na *Tabela 8*, pode verificar-se os custos anuais para o funcionamento adequado de ambos os tipos de piscinas (Schwarzer & Schwarzer, 2018). Também aqui os custos são mais vantajosos para a piscina ecológica.

Tabela 8 – Custos anuais de funcionamento de uma piscina pública de tratamento biológico, em comparação com os de uma piscina pública convencional, ambas com uma lotação diária de 300 banhistas (Wasserwerkstatt in Schwarzer & Schwarzer, 2014).

Dados da instalação	Piscina de tratamento biológico	Piscina convencional
Lotação	300 banhistas	300 banhistas
Área da zona de natção	300 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>
Área da zona de regeneração e filtro de plantas	200 m <sup>2</sup>	-
Área total de água	500 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>
Custos (€)		
Consumo de produtos químicos (cloro, fungicidas)	0,-	1.950,-
Esgotos p/ água da piscina	0,-	2.800,-
Consumo de água	3.500,-	2.800,-
Consumo de energia	2.450,-	6.400,-
Pessoal e os custos de manutenção (manutenção de instalações)	13.500,-	15.800,-
Manutenção (prédios, máquinas, equipamentos etc.)	1.700,-	1.700,-
Administração (telefone, seguro, lixo, esgotos)	1.100,-	1.100,-
Análises de água	1.160,-	480,-
Total de custos operacionais	23.410,-	31.030,-

#### 4.5. Sequência de Operações

A partir desta fase, o projecto entra na sua construção propriamente dita. Porém é fundamental que todas as operações estejam minuciosamente planeadas e bem estruturadas para que todos os intervenientes tenham conhecimento das suas tarefas (*em Anexo III estão alguns dos parâmetros mais relevantes a ter em consideração*).

Como exemplo de um processo de construção (*Figura 19*) temos o da piscina natural de AschauerWeiher em Bischofswiesen, no estado de Baviera, Alemanha (*Figura 18*). Este projecto foi assegurado pela empresa *WasserWerkstatt*, com sede na Áustria e com escritório em *Bamberg*, Alemanha e demorou cerca de 10 meses a realizar. Esta empresa conta já com cerca de 80 projectos em piscinas de uso público. Esta piscina está enquadrada num ambiente de montanha, rodeada por floresta e em perfeita harmonia com a envolvente.



Figura 18 – Vista geral e pormenores da piscina pública de AschauerWeiher, em Bischofswiesen, Alemanha.





A. Início de construção a 2 setembro 2002. A piscina foi inicialmente construída no ano de 1970.

B. Como início de construção foi necessário demolir as anteriores paredes de alumínio e betão. Foi usada maquinaria apropriada para o efeito.

C. Produção de novo piso da bacia, novas paredes e níveis para a zona de regeneração.



D. Preenchimento das antigas bacias de alumínio na zona de natação.

E. Construção dos filtros e zonas adjacentes e criação de uma ilha de 5000m² para recreação.

F. Impermeabilização de toda a bacia com tela e colada por termofusão no local.



G. Construção das estruturas adjacentes como pavimentos de madeira, pontes, entre outras.

H. Teste de vazamento da bacia – duração 5 meses. Construção dos canteiros e áreas circundantes. Testes de aptidão a toda a estrutura.

I. colocação de blocos de pedra e outros artifícios na ilha de recreação com recurso a uma grua.



J. Plantação das zonas de regeneração e áreas verdes adjacentes.

L. Design das áreas de recreação e das zonas infantis.

M. Acabamentos das praias, zonas inundadas, acabamento de pavimentos e pontes e outras estruturas. Primeira prova de banho e inspeção final pela empresa de execução.

Figura 19 – Processo de conversão da piscina pública AschauerWeiher, em Bischofswiesen (WasserWerkstatt, 2018).

#### 4.6. Parâmetros Construtivos

Uma piscina ecológica para além de ser composta por duas zonas distintas: uma destinada ao tratamento da água (regeneração) e uma outra destinada ao lazer (natação), não deve recorrer ao uso de químicos para a desinfecção da água ou qualquer outro tipo de tratamento (por exemplo para impedir a proliferação de algas), a circulação da água deverá funcionar num circuito fechado e evitar-se qualquer interferência nesse estado, e a zona de regeneração deverá ter proporção adequada e conter plantas apropriadas à desinfecção da água pelos processos naturais de absorção de nutrientes e libertação de oxigénio para a água (Lecoq, 2014a).

As **áreas** das diferentes zonas vão ser condicionadas por vários parâmetros. Porém, na maior parte dos casos para as piscinas de uso privado as dimensões consideradas têm no mínimo 150m<sup>2</sup> (Santos, 2005) e vão depender de um valor base por quantidade de utilizadores, no caso 6m<sup>3</sup> de água por banhista ou 4m<sup>2</sup> de área de superfície por banhista (Littlewood, 2005). Para as piscinas de uso público também existe um valor mínimo mas que está condicionado ao número de utilizadores por dia, mas a FLL (2013) recomenda que se mantenha 3,5m<sup>3</sup> de água por utilizador e por dia como base de cálculo (existindo fórmulas específicas para o cálculo e considerando o volume total de água englobando a zona de natação, zona de regeneração e o volume de água adicionada por dia) para que não se comprometa a qualidade balnear do espaço (FLL, 2013).

A separação física das áreas de regeneração e de natação é outra das recomendações de especialistas na área por forma a evitar a troca de água entre áreas de forma não intencional, bem como a proibição de utilização da zona de regeneração para natação ou outro tipo de lazer. A troca de água deverá ser de forma controlada e assegurada por estruturas hidráulicas devidamente planeadas e construídas, bem como garantir uma forma eficiente para monitorização e regulação desses circuitos (Santos, 2005; FLL, 2013).

Ainda em termos de áreas, referem-se com particular importância as áreas de utilização pelos banhistas, as quais deverão estar divididas pelas diferentes profundidades e devidamente identificadas (*Tabela 9*) e separadas por divisórias (boias, cordas, ou outro material) (Santos, 2005; FLL, 2013).

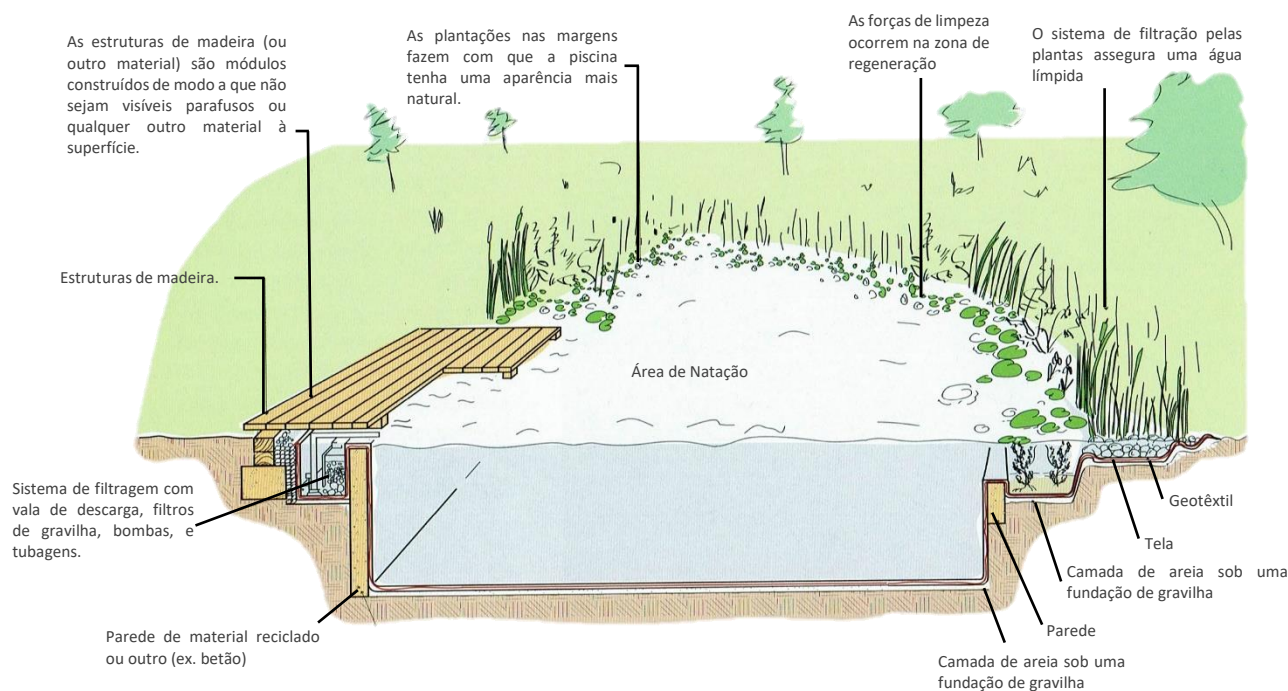
*Tabela 9 – Profundidade para as diferentes áreas (in FLL, 2013).*

Área	Profundidade
Área para crianças	Até 0,60m
Área para estadia	Até 1,35m
Área de natação	Mais de 1,35m
Área para mergulho	No mínimo 3,4m

A área para as crianças é a que inspira mais recomendações, pois terá de ter no mínimo 80m<sup>2</sup> de tamanho, e com profundidade máxima até aos 0,60m. No entanto a circulação da água deverá ser assegurada por sistemas hidráulicos convenientes por forma a garantir uma renovação constante desta e assim assegurar a boa qualidade da mesma (Santos, 2005; FLL, 2013).

No *Anexo IV* estão mais algumas considerações sobre outros parâmetros a ter em consideração na construção de uma piscina ecológica.

Na *Figura 20* apresenta-se uma configuração típica de uma piscina ecológica em termos construtivos.



*Figura 20 – Esquema construtivo de uma Piscina Natural (Littlewood, 2005).*

#### 4.6.1. Parâmetros de relevância

Existem alguns parâmetros que são fundamentais para o bom funcionamento das piscinas naturais.

##### 4.6.1.1. Impermeabilização

A impermeabilização das piscinas ecológicas é um dos pontos comuns a todas as tipologias construtivas pois é o que vai manter o sistema isolado do exterior. Convém ser bem aplicada, de preferência por entidades profissionais. Também para as piscinas de uso público esta acção se revela da maior importância.

A impermeabilização da bacia começa após a escavação, alisamento (com remoção de todo e qualquer material com arestas que possa danificar a tela), colocação de uma camada de areia crivada (para garantir uma superfície livre de materiais aguçados), e colocação das estruturas necessárias para a configuração desejada da piscina. Seguidamente é colocado um geotêxtil, normalmente com espessura de 200g/m<sup>2</sup> ou mais, e adequado para cumprir com as funções necessárias as quais assentam na *protecção* e *reforço* da tela, na *separação* do solo e da tela de forma a evitar o seu rompimento, bem como facilitar a *drenagem* entre camadas para evitar a acumulação de líquidos sob a tela (Lecoq, 2014a).

É depois utilizada uma tela de um material plástico (como o polivinilclorido - **PVC**, o polietileno de alta densidade – **PEAD**, ou etileno-propileno-dieno monômero (M-classe) de borracha - **borracha EPDM**) que deverá ser suficientemente resistente para que os equipamentos de filtragem possam ser substituídos sem causar dano nesta (Santos, 2005; Ferreira, 2008; Littlewood, 2016). A tela deve ser soldada no local para garantir que todas as partes fiquem isoladas e permitir uma adaptação perfeita ao

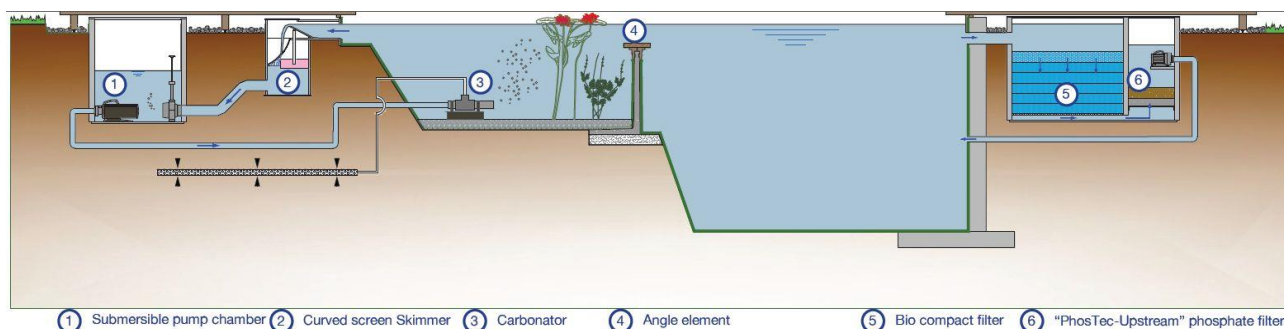


solo. Este processo é completamente reversível caso seja necessário utilizar o espaço para outro uso. As telas flexíveis devem ser manuseadas com cuidado para evitar rompimentos ou outros danos e devem ser resistentes à exposição aos UV (Santos, 2005; Ferreira, 2008).

#### 4.6.1.2. Filtros

O sistema de filtragem é também um importante parâmetro a ter em conta, especialmente para as piscinas de uso público. Tendo em conta o uso intensivo deste tipo de piscinas, torna-se necessário um conjunto de filtros adicionais para ajudar na purificação da água para além da filtragem por plantas. Estes filtros são baseados em compostos naturais e variam consoante a empresa que os desenvolveu e os utiliza nos seus projectos.

Na *Figura 21*, está referenciado um exemplo de um circuito de uma piscina natural onde se recorre à purificação da água pela zona de regeneração e filtros complementares. Neste caso, os filtros compreendem uma unidade compacta destes (principalmente quando a zona de regeneração é menor do que o aconselhável), e um filtro para remoção do fósforo (*Biotop*, 2018). Outros filtros podem ser incorporados no sistema por forma a auxiliar na filtração e purificação da água.



*Figura 21 – Esquema de uma piscina natural com recurso a área de regeneração e filtros complementares (Biotop, 2018).*

Os vários compartimentos de retenção e filtração vão ser utilizados para remover do sistema detritos grandes como folhas, ramos, ou outros que estejam na água; detritos mais pequenos como pó, sujidades, cabelos, etc.; e também impurezas biológicas e químicas que vão afectar a qualidade da água e a sua transparência (*Littlewood*, 2005; *Biotop*, 2018).

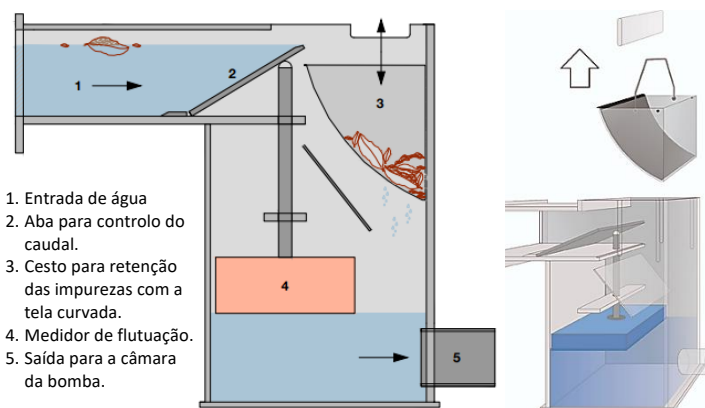
Numa primeira fase, os detritos maiores são direccionados para um *skimmer*, onde ficam retidos enquanto a água passa através do crivo e segue para a fase seguinte. Podem ser de superfície (*Figura 22.1*) ou estarem acoplados numa das extremidades da piscina (*Figura 22.2* e *Figura 23*).

Porém, deverão estar no lado oposto de onde sopram os ventos dominantes para assim garantir que todos e quaisquer detritos (folhas, ramos, etc.) possam ser naturalmente encaminhados para estes compartimentos e assim serem removidos do sistema (Ferreira, 2008; Lecoq, 2014a).



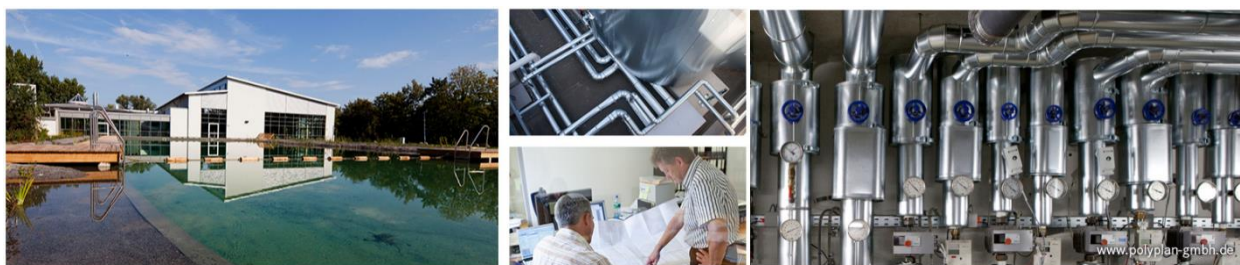
*Figura 22 – Exemplo de skimmers. 1. Skimmer de uma piscina ecológica. (Foto in [https://www.123rf.com/photo\\_105450381](https://www.123rf.com/photo_105450381)). 2. Skimmer comercializado pela empresa BioNova (in BioNova, 2018).*

Um exemplo de funcionamento de um *skimmer* é o comercializado pela empresa *Biotop* (sediada na Áustria). Este, denominado “*skimmer* de tela curva” (*Figura 23*), tem um sistema que permite a passagem da água através de um crivo com 0,3 mm e que vai reter a maior parte das impurezas, mesmo as mais pequenas e inclusive algumas algas, impedindo que os nutrientes que estejam nestas algas voltem à água. Tendo em conta que o cesto onde são recolhidos os detritos é removível, torna-se assim, muito prático para os utilizadores.



*Figura 23 – Skimmer comercializado pela empresa Biotop (2018).*

Outro factor de relevância é o sistema hidráulico (*Figura 24*) por forma a garantir a correcta circulação da água para que a purificação desta ocorra de forma controlada, mas eficaz. Toda a tubagem deverá estar dimensionada de acordo com a necessidade de tratamento da água e deverá estar bem desenhada com documentação o mais completa possível para se evitar erros durante a construção.

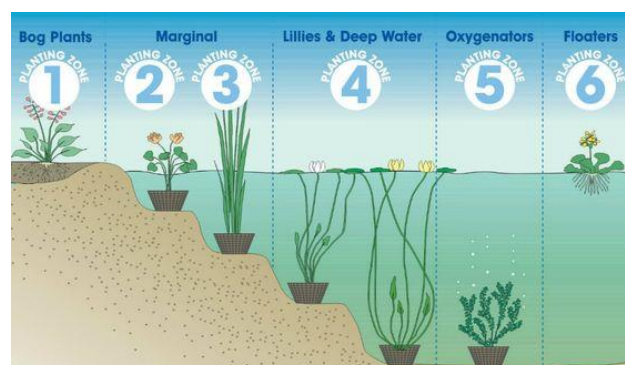


*Figura 24 – Exemplos de hidráulica (Polyplan-gmbh).*

#### 4.6.1.2.1. Filtro de plantas

As plantas que fazem parte destes ecossistemas das piscinas naturais são as equiparadas aos ecossistemas de zonas húmidas e são dos habitats mais ricos em termos de diversidade de fauna e flora, e têm um papel muito importante na regulação de contaminações e no controlo de sedimentos, na preservação de valor estético e físico; bem como contribuir para momentos de lazer e contemplação, entre outros (Mestre, 2014).

As plantas a utilizar são fundamentalmente de três tipos (*Figura 25*): as *ribeirinhas*, que ocorrem nas margens inundáveis; as *aquáticas*, que habitam no interior da massa de água (Mestre, 2014) mas que têm a sua folhagem à superfície; e as *submersas*, que estão totalmente debaixo de água e têm a função primordial de oxigenar a água (Ferreira, 2008).



*Figura 25 – Plantas e sua localização na zona de regeneração (in <http://worldofwater.com/planting-ponds/>).*



Estas plantas vão desempenhar fundamentalmente quatro funções principais para o sistema de uma piscina ecológica (Santos, 2005): oxigenação, assimilação de nutrientes, ensombramento da superfície da água e por último a qualidade estética (Ferreira, 2008). Embora se tenha optado por agrupar as várias espécies de acordo com a função, não podemos descurar que todas as plantas têm interesse ornamental, quer seja pela coloração da folha, pela flor que apresentam ou por outra característica, não tendo por isso umas mais ou menos importância que as outras nesta matéria, até porque algumas vão desempenhar várias funções. O mesmo se aplica a outro tipo de classificação que poderia eventualmente ser utilizada. Porém tendo em conta o objectivo a que se destinam, a classificação pela função é a que se revela mais importante do ponto de vista deste trabalho.

A função de **oxigenação** é a que se revela mais importante numa piscina, não só por criar um ambiente adverso à proliferação de microrganismos patogénicos como também proporcionar um ambiente propício às plantas que se encontram na zona de regeneração. As plantas vão captar a luz solar e realizar trocas com o meio em termos de nutrientes e gases. O oxigénio vai assim ser libertado para a água sendo mais ou menos solúvel consoante a temperatura desta, águas mais frias possibilitam uma maior quantidade deste gás na água (Ferreira, 2008).

As plantas que mais contribuem para esta função são as que se encontram submersas pois têm as raízes pouco desenvolvidas e folhas mais largas que vão proporcionar as trocas. As de maior relevância são as do género *Myriophyllum* spp. (Figura 26 – 1 e 2) e *Potamogeton* spp. (Figura 26 – 3 e 4). Ambas são importantes na oxigenação da água e na retenção de nutrientes. Vão igualmente proporcionar uma melhoria da qualidade da água, especialmente as águas muito duras uma vez que vão modificar a dureza desta ao retirarem o excesso de calcário, obtendo também o dióxido de carbono que necessitam (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).

Segundo Santos (2005) existe ainda outra planta com propriedades de relevo aquando da instalação de uma piscina natural, a *Ceratophyllum demersum* (Figura 27). Esta planta tem a capacidade de absorver muito rapidamente os nutrientes que se encontram em excesso nos substratos. Quando estes começam a escassear a planta acaba por morrer e é mineralizada. Esta planta é um excelente bioindicador do estado da água pois se proliferar indica eutrofização do sistema.

Outra função importante neste sistema das piscinas ecológicas é a **assimilação de nutrientes** pelas plantas, nomeadamente azoto e fósforo. Como já foi referido, estes nutrientes são necessários para as algas proliferarem no sistema. Por esta razão as plantas a escolher para este efeito são sobretudo as plantas aquáticas e as ribeirinhas (plantas de reposição) as quais vão competir directamente com as



Figura 26 – Exemplos dos géneros *Myriophyllum* spp. (1 e 2) e *Potamogeton* spp. (3 e 4).



Figura 27 – *Ceratophyllum demersum*.

algas por estes nutrientes para o seu próprio crescimento (Ferreira, 2008). Estas plantas vão também oxigenar o meio, mas em menor concentração que as submersas, bem como favorecer condições propícias ao desenvolvimento de microrganismos decompositores (Ferreira, 2008).

Várias são as espécies de plantas que se enquadram nesta categoria.

- ⇒ A *Alisma plantago-aquatica* (ou Tanchagem-de-água de seu nome comum) é uma das plantas com estas características e também apresenta uma função ornamental pois possui uma flor cor de rosa que aparece durante o período do verão (Figura 28.1) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Outra das plantas utilizadas são as do género *Carex* (de nome comum Junção) e que é muito utilizada pela eficácia na remoção de nutrientes. Forma um tufo muito denso com folhas verdes claras e com raízes muito fortes (Figura 28.2) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Semelhante as estas últimas são as do género *Cyperus*, as quais se desenvolvem bem tanto em largura como em profundidade fazendo bonitos tufos (Figura 28.3) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Também a *Iris pseudacorus* (ou Lírio-de-água) é uma das que se utiliza para este fim, mas também porque apresenta uma flor amarela durante os meses de Maio a Junho (Figura 28.4) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ As espécies do género *Juncus* (de nome comum Junco) são utilizadas igualmente nesta categoria, e embora não tenha flor com interesse ornamental as suas folhas verdes cilíndricas ajudam a tornar o ambiente mais característico de lago (Figura 28.5) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Já a *Lythrum salicaria* (ou Salgueirinha) é outra das que se utilizam como planta de reposição para assimilação de nutrientes, mas também pelo seu interesse ornamental pois apresenta uma flor cor rosa forte de Junho a Julho (Figura 28.6) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Também o género *Mentha* é utilizado para este fim, mas também como ornamental uma vez que apresenta flores brancas, rosa ou lilás, consoante a espécie sendo também um género muito odorífero. Das espécies deste género que se apresentam como autóctones temos a *Mentha aquatica* (Hortelã-de-água como nome comum) (Figura 28.7), a *Mentha pulegium* (ou Poêjo) e a *Mentha suaveolens* (Mentastro) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ Também o género *Ranunculus* é utilizado para assimilação de nutrientes, em especial a espécie *Ranunculus peltatus* (Ranúnculo-aquático) pois esta tem uma área foliar grande que lhe permite captar a energia do sol e assim absorver grandes quantidades de nutrientes para garantir o seu metabolismo. Tem uma flor branca que floresce em Abril até Julho (Figura 29.1) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).
- ⇒ O género *Schoenoplectus*, principalmente a espécie *S. lacustris* (com nome comum de Bunho) é outro tipo de plantas que se adequa a este grupo, mas embora tenha floração entre Junho e Agosto, não é de interesse ornamental (Figura 29.2) (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).



Figura 28 – Espécies utilizadas para assimilação de nutrientes.

⇒ Por último, o género *Typha* é outro grupo de plantas que se utiliza para o efeito de retirada de nutrientes com alta eficiência, em particular a *Typha angustifolia* (Tabúia) (Figura 29.3). A outra espécie também muito utilizada é a *Typha latifolia* (Tabúia-larga), por ter raízes horizontais que enriquecem o meio com oxigénio (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018). No entanto, tendo em conta o carácter invasor que esta espécie apresenta na colonização das áreas de regeneração (Biopiscinas® in Santos, 2005), bem como raízes muito agressivas que poderiam causar danos na tela de impermeabilização torna-se necessário controlar o seu crescimento, limitando-as a contentores apropriados, mas que impeçam a expansão da espécie (Lecoq, 2014a).

O **ensombramento da água** é outro factor importante na manutenção da qualidade balnear da piscina natural. Deste modo vai ser necessário utilizar espécies que permitam criar locais de sombra de modo a garantir que a temperatura da água não se eleva a valores que iriam favorecer o crescimento de microrganismos patogénicos (Ferreira, 2008). As espécies mais utilizadas para este efeito são as *Nymphaea alba*, o *Nuphar luteum* e algumas espécies do género *Potamogeton* (Santos, 2005; Ferreira, 2008).

⇒ A *Nymphaea alba* (ou Golfão-branco) (Figura 30.1) é uma planta com muito interesse ornamental por apresentar flores brancas (também denominadas de flor-de-lótus) que florescem entre Abril e Outubro. Porém, o clima interfere muito com este tipo de plantas. Em condições de chuva pode não florir assim como em caso de ensombramento as folhas ficam mais pequenas e pode nem sequer formar flor. Para o golfão ter o desenvolvimento normal deve apanhar sol directo pelo menos durante três horas, e deve ter temperatura adequada ao seu desenvolvimento. Desta forma as flores abrem durante o dia e fecham durante a noite consecutivamente durante três a cinco dias (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).

⇒ Outra espécie muito utilizada para o ensombramento da piscina é o *Nymphoides peltata* (Golfão-pequeno) (Figura 30.2) que é semelhante ao nenúfar. Porém, tem as folhas mais pequenas que as deste último, mas que conseguem formar um tapete à superfície criando assim um ensombramento considerável. A floração ocorre nos meses de Junho a Agosto com uma flor amarela de aspecto mais frágil e que se eleva acima da superfície (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).

⇒ O género *Potamogeton* engloba algumas espécies que também são utilizadas para este efeito, como o *P. natans* (Figura 30.3) e o *P. nodosus* têm folhas que formam um tapete denso à superfície de cor verde acastanhado e têm a capacidade de também elas absorverem nutrientes da água através da página inferior (Santos, 2005; Ferreira, 2008; RHS, 2013; Flora-On, 2018).



Figura 29 – Espécies utilizadas para assimilação de nutrientes (continuação).



Figura 30 – Espécies utilizadas para ensombramento da água.



Existem cerca de 130 espécies (Ferreira, 2008) com características apropriadas para cada uma das funções descritas, no entanto só foram aqui explanadas as mais significativas. No *Anexo V* apresenta-se uma compilação de espécies a utilizar nas zonas de regeneração de piscinas ecológicas bem como algumas das suas características.

A escolha das espécies vegetais para cada local obedece a alguns requisitos como o pH, a composição química da água, a região geográfica e também a compatibilidade entre as várias espécies (Ferreira, 2008). Porém também deverá ser dada preferência por espécies vegetais autóctones.

Não obstante estas características existem espécies que, pelo seu carácter invasor, estão proibidas de serem utilizadas no nosso país de acordo com o estabelecido em Decreto-Lei n.º 565/99 de 21 de Dezembro de 1999. Segundo Mestre (2014) as espécies exóticas são as listadas na *Tabela 10*:

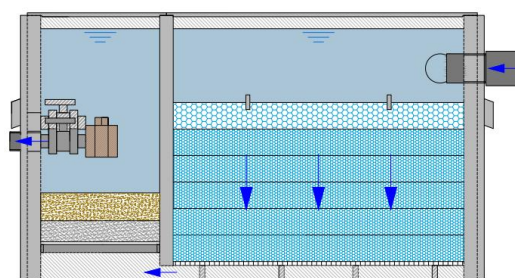
*Tabela 10 – Espécies invasoras proibidas em Portugal (adaptado de Mestre, 2014).*

Flutuante	Enraizada	Família	Espécie	Dec. Lei n.º 565/99	Espécies exóticas com risco ecológico conhecido
*		<i>Azollaceae</i>	<i>Azolla filiculoides</i>	◇	
	*	<i>Haloragaceae</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	◇	
*		<i>Araceae</i>	<i>Pistia stratioides</i>		◇
	*	<i>Alismataceae</i>	<i>Sagittaria latifolia</i>		◇
	*	<i>Hydrocharitaceae</i>	<i>Blyxa japonica</i>	◇	
	*	<i>Hydrocharitaceae</i>	<i>Elodea canadensis</i>	◇	
*		<i>Pontederiaceae</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	◇	
	*	<i>Pontederiaceae</i>	<i>Heteranthera limosa</i>	◇	
	*	<i>Pontederiaceae</i>	<i>Heteranthera reniformis</i>	◇	
	*	<i>Pontederiaceae</i>	<i>Heteranthera rotundifolia</i>	◇	
	*	<i>Hydrocharitaceae</i>	<i>Hydrilla Verticillata</i>		◇
	*	<i>Apiaceae</i>	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	◇	
	*	<i>Apiaceae</i>	<i>Lilaeopsis attenuata</i>	◇	

Outra condicionante são as profundidades a que as espécies se desenvolvem melhor. A maior parte das plantas ribeirinhas desenvolvem-se melhor a profundidades entre os 5 e os 10cm, já as aquáticas preferem ambientes com profundidade entre 20 a 30cm e as submersas entre as profundidades de 1,80 a 2m (Santos, 2005; Ferreira, 2008).

#### 4.6.1.2.2. Filtração mecânica

A filtragem mecânica desempenha o papel de reter as impurezas e as partículas orgânicas suspensas na água nas camadas que o compõem (*Figura 31*). Este tipo de filtros pode ter uma ou duas camadas ou várias com granulometria diferente e serem fechados ou abertos, em que neste último caso podem ser colocadas plantas. Desta forma, os detritos vão ser decompostos pelas bactérias colonizadoras deste tipo de filtros resultando numa água mais limpa.



*Figura 31 – Esquema de um filtro mecânico comercializado pela empresa Biotop (2018).*

Na maior parte dos casos, a água flui no filtro da parte superior para a inferior passando pelas várias camadas somente através da acção da gravidade, não necessitando desta forma de entrada de energia no sistema (Santos, 2005; *Biotop*, 2018). O filtro também pode estar sempre submerso (FLL, 2013).

Para que o sistema funcione de forma a não afectar o sistema biológico, a água deve passar pelas várias camadas do filtro a uma velocidade entre 0,03 e 0,05m<sup>3</sup>/h e de forma constante (Santos, 2005).

A vantagem destes filtros é o tratamento da água sem recurso a químicos, o funcionamento é feito sem recurso a energia pois a água percola por gravidade, e o filtro pode ser incorporado sob o deck a fim de não estar visível (*Biotop*, 2018).

#### 4.6.1.2.3. Filtração do Fósforo

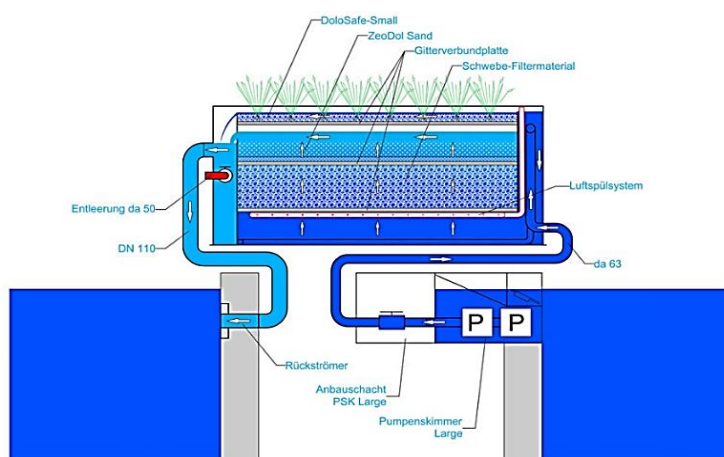
Tal como já referido anteriormente, outro dos compostos com maior relevância de ser retirado do sistema é o fósforo. Se o sistema estiver a funcionar em condições ideais, as plantas aquáticas conseguem gerir a quantidade de fósforo na água. No entanto, em casos de insuficiência na quantidade de plantas ou caso se trate de uma piscina de uso público com usos muito intensivos, torna-se necessário implementar filtros para ajudar na eliminação deste nutriente do sistema. Existem no mercado vários tipos de filtros para remoção de fósforo. Segundo *Liem* (2014) existem filtros de adsorção com zeolite (ainda só utilizados em sistemas privados de piscinas), Biofiltros de vários tipos (exemplo da *Biofermenta*) ou então o “*PhosTec Ultra*” da *Biotop*, entre outros.

De um modo simplificado, a zeolite é um material de origem vulcânica (*Figura 32*), microporoso, com estrutura cristalina rígida com uma capacidade grande de troca catiónica natural. Esta capacidade confere-lhe uma ampla gama de usos, tanto na vida doméstica como na indústria, assim como na utilização em piscinas (ainda só para uso privado) para eliminar o fósforo como também ureia e amoníaco adsorvendo-os<sup>7</sup>. No entanto como já indicado, ainda não estão a ser implementados nas piscinas para uso público (*Liem*, 2014).



*Figura 32 – Grãos de zeolita comercializados no mercado (in <http://www.zeolita.eu>).*

Já os biofiltros comercializados pela *Biofermenta*, como por exemplo o reactor de cama flutuante (*Figura 33*) são simples e muito compactos permitindo uma utilização em espaços pequenos, porém só são utilizados para quantidades de água até 50m<sup>3</sup>. Estes filtros vão remover eficazmente a quantidade de fósforo no sistema e impedir assim a disponibilidade deste para o crescimento de algas (*Biofermenta*, 2018).



*Figura 33 – Esquema de um reactor de cama flutuante (módulo externo ao sistema com ligação a bombas para filtragem da água) comercializado pela empresa Biofermenta (2018).*

<sup>7</sup> Informação em *Zeocat Soluciones Ecológicas*, na página web: <http://www.zeolita.eu>

Outro sistema é o da *Biotop*, este garante também a retirada do sistema do fósforo de forma constante através de uma câmara denominada de “*PhosTec Ultra*” (Figura 34).

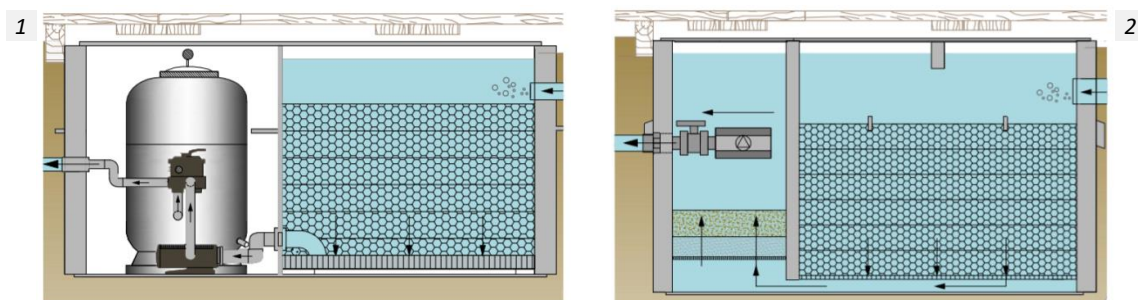


Figura 34 – Esquemas de módulos comercializados pela Biotop (2018). 1. Filtro “PhosTec Ultra”, com câmara pressurizada. 2. Filtro “PhosTec Upstream” que funciona sem o uso de pressão ainda em fase de testes.

Esta consiste num filtro fechado de pressão constante contendo um material de alto rendimento, e o qual fixa o fósforo à sua superfície à medida que a água flui também de forma constante. O “PhosTec Ultra” vai funcionar num circuito à parte com bomba dedicada, proporcionando uma alta eficiência na remoção do fósforo. A manutenção deste filtro é das mais fáceis de realizar e nem necessita de pessoal especializado, pois basta retirar o filtro e lavá-lo em intervalos regulares (Biotop, 2018).

A utilização de estruturas como cascatas e riachos para aumentar a oxigenação da água têm de ter pelo menos 150m para que exerçam essa função. Estas peças artificiais vão causar uma circulação artificial da água com prejuízo por vezes para o zooplâncton caso sejam de grandes dimensões ou tenham bombas demasiado potentes (Ferreira, 2008). Mesmo em Piscinas para uso público é necessário ter em atenção a circulação da água na zona de regeneração, daí ser mais uma razão para ter as duas zonas separadas (Figura 35).

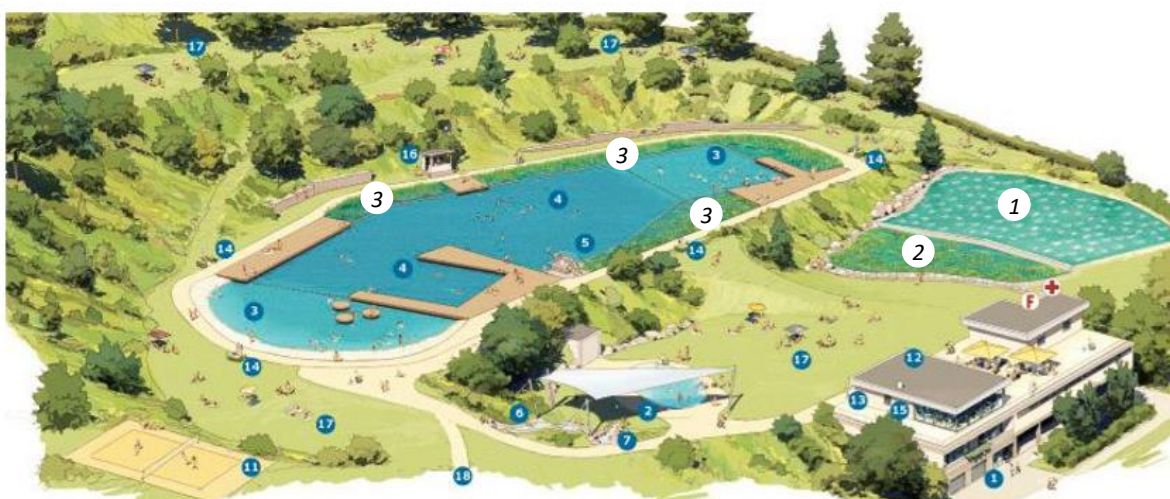


Figura 35 – Projecto paisagístico para uma piscina natural de uso público. 1 – filtro emerso, 2 e 3 – filtro submerso (Bruns, 2015).

#### 4.7. Manutenção de uma Piscina Ecológica

Mesmo sendo um sistema que se regenera e se purifica por ele próprio, existem certas medidas que são necessárias para garantir o seu bom funcionamento bem como avaliar no momento as condições em que se encontra o sistema. Estas medidas incluem inspecções regulares, manutenções e reparações. As reparações irão ocorrer à medida que forem sendo detectados problemas durante as acções de manutenção e terão de ser registadas em livro próprio para consulta futura (FLL, 2013).

“As acções de manutenção ou de reparação não poderão utilizar produtos que contaminem a água, que contenham químicos ou matéria orgânica que possam pôr em causa o funcionamento do sistema, bem como não poderão afectar a saúde dos utilizadores” (*in* FLL, 2013). No *Anexo VI* encontra-se mais informação desenvolvida sobre estes temas).

##### 4.7.1. Inspecções

As **inspecções** vão ter como objectivo determinar e avaliar o estado actual da piscina ecológica, e incluem testes, medições e avaliações de todas as estruturas e dispositivos técnicos da piscina. Em anexo x incluem-se os pontos a serem inspecionados com maior relevância. A qualidade da água é um dos parâmetros mais importantes a testar e deverá ter inspecções regulares principalmente na época balnear.

##### 4.7.2. Manutenção e conservação

Nas acções de manutenção o que se pretende é garantir que as estruturas e as partes técnicas do sistema se mantenham em óptimas condições, e incluem testes, substituições de peças e outros componentes necessários, complemento para alguma das partes do sistema, preservação e limpezas. Deverão ser efectuados estes procedimentos durante o período em que a utilização é mínima (FLL, 2013).

As acções de conservação efectuam-se na zona de regeneração por forma a incrementar e manter a vegetação no seu esplendor e a manter a sua função de depuração das águas. Também deverá ser efectuada durante os períodos de manutenção.

##### 4.7.3. Reparação

As acções de reparação incidem sobre a recuperação ou melhoria das instalações de modo a que a piscina consiga providenciar a melhor das experiências de banho.

Tal como já referido anteriormente, as acções de reparação vão surgir na sequência de nas acções de manutenção ou conservação sejam detectadas falhas em alguma parte do sistema. “Podem incluir troca de filtros ou do material dos filtros, troca de equipamentos técnicos que estejam com defeito, troca ou adição de plantas, recuperação da cobertura do fundo nas áreas de regeneração com areão ou saibro, ou reparação das estruturas construídas” (*in* FLL, 2013).

##### 4.7.4. Mudança de água

Caso ocorra a necessidade de troca de toda a água ou de parte dela, o sistema vai demorar um ou dois meses a recuperar a capacidade de purificação (FLL, 2013).



## 5. LEGISLAÇÃO PARA PISCINAS ECOLÓGICAS DE USO PÚBLICO

### 5.1. Legislação Aplicável

Tal como já referido anteriormente, a procura por piscinas para actividades de lazer, desportivas, ou terapêuticas tem sido uma realidade desde os séculos XIX e XX. Nas últimas décadas, várias são as entidades tanto públicas como privadas que procuram colmatar essa procura oferecendo condições para essas práticas. No entanto ainda se encontra muito aquém do que é necessário (IPQ, 1993).

Em Portugal, a tradição na construção de piscinas para uso público passa pelas denominadas piscinas tradicionais com base na desinfecção por cloro, por ser o método comumente utilizado por todos os países quer da Europa quer do resto do mundo. Contudo, já se verifica as contrapartidas do uso deste tipo de piscinas, as quais não são de todo ambientalmente sustentáveis. Para além disso, também em termos de saúde pública verifica-se cada vez mais casos de doenças relacionadas com os subprodutos do cloro e vapores libertados. Assim torna-se necessário encontrar alternativas com base legal principalmente para se proceder à substituição deste tipo de tratamentos da água.

Existem normas e directivas que determinam a qualidade das águas balneares. Estas são designadas por *“águas superficiais, quer sejam interiores, costeiras ou de transição, em que se preveja que um grande número de pessoas se banhe e onde a prática banear não tenha sido interdita ou desaconselhada de modo permanente. A qualidade das águas balneares é um tema de grande relevância por ser considerado um bom indicador da qualidade ambiental e de potencial de desenvolvimento turístico, para além de determinante em termos de saúde pública”* (in REA, 2018).

A avaliação da qualidade das águas balneares tem sido regida pelos critérios estabelecidos na Directiva 2006/7/CE (relativa à gestão da qualidade das águas balneares), e no Decreto-Lei n.º 113/2012 (gestão da qualidade das águas balneares, e ao seu ajustamento da Directiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Fevereiro de 2006 ao quadro institucional português). Esta avaliação passa pela análise bacteriológica para identificação de *Enterococos* intestinais e *Escherichia coli*, bem como de cianobactérias, macroalgas e/ou fitoplâncton marinho (no caso de praias costeiras) caso o perfil das águas balneares mostre tendência para a proliferação destes últimos. Adicionalmente, e indo de acordo aos programas de monitorização, devem ainda ser averiguados por métodos de visualização para a detecção de resíduos de alcatrão, vidro, plástico, borracha e ou outros (REA, 2018). No entanto, relativamente às piscinas ecológicas estas directivas não podem ser aplicadas uma vez que nenhuma delas se aplica *“às massas de água confinadas criadas artificialmente e separadas das águas de superfície e das águas subterrâneas”* (Art.º2, ponto 5.c. do Decreto-Lei 113/2012, de 23 Maio).

Existe igualmente uma Directiva, a CNQ 23/93, que determina a qualidade das piscinas para uso público. Porém, também esta não pode ser totalmente aplicada uma vez que o sistema de tratamento das águas faz recorrendo-se a produtos químicos, nomeadamente cloro e outros (Capítulo 9 da Directiva CNQ 23/93).

Outras directivas e normas existem para regular actividades aquáticas, requisitos de segurança para o funcionamento, requisitos de segurança para a construção, etc., mas normas para regular a qualidade da água de piscinas ecológicas ainda estão sem base legal.

Nos países pioneiros deste tipo de piscinas como a Áustria, a Alemanha, França, Suíça, entre outros, já existe alguma regulamentação com base legal bem como directrizes de entidades especializadas nesta tecnologia. A mais utilizada como referência é a produzida pelo grupo FLL (2013) e em que alguns parâmetros já foram referenciados neste trabalho. As directrizes da FLL (2013) estão direccionadas para o planeamento, a construção, a inspecção, a utilização e a reparação das piscinas naturais aplicando-se a piscinas para uso público, comercial e uso privado. Não se aplicam, contudo, às piscinas que utilizam água do mar ou água salgada, piscinas naturais na natureza e piscinas naturais com tratamento de água (FLL, 2013).

#### *5.2. Propostas para regular os parâmetros a seguir na qualidade das águas em piscinas naturais*

A falta de legislação reconhecida pelos governos de cada país não se reflecte só em Portugal, mas também noutros países da união europeia. Para colmatar esta ausência de legislação criaram-se grupos de especialistas nesta área para tentar encontrar regulamentação para uniformizar os parâmetros a serem utilizados na construção, operacionalidade e manutenção das piscinas naturais para uso público (mas também ao nível doméstico), bem como, e fundamentalmente, para determinar a qualidade da água destas.

Um dos grupos mais referenciados é a Organização Internacional para as Águas Balneares Naturais (IOB - *The International Organization for natural bathing waters*), sediada em Bremen na Alemanha, e a qual já conta com 12 organizações nacionais de países de todos os continentes. Uma dessas organizações é o Grupo Ibérico de Águas Balneares Naturalizadas (GIABN), grupo onde se insere Portugal. Estes grupos já desenvolveram algumas propostas para assegurar uma uniformização dos parâmetros a serem adoptados pelos projectistas, *designers*, empreiteiros, utilizadores das piscinas, entidades oficiais bem como qualquer um que esteja relacionado com estas novas técnicas de depuração da água e integraram-nos com os actuais conhecimentos científicos em diferentes países.

Em *anexo VII* encontra-se a proposta desenvolvida pelo GIABN e em fase de discussão com algumas entidades governamentais em Portugal. Estas directrizes vão propor a regulamentação em falta para avaliar a qualidade das águas no caso de piscinas de uso público com tratamento biológico da água e colmatar desta forma a falta de legislação nesta matéria.

## 6. CASOS DE ESTUDO

### 6.1. MOUNTAIN-BEACH RECREATION PARK Gaschurn, Áustria

Ano de Construção: 2003

Construção nova

Área Total: 6300 m<sup>2</sup>

- Área de natação: 3100 m<sup>2</sup>

- Lagoa superior: 1950 m<sup>2</sup>

- Lagoa inferior: 4350 m<sup>2</sup>

- Área de regeneração: 2600 m<sup>2</sup>

- Área de bio-filtro: 600 m<sup>2</sup>

Profundidade da piscina: 4 m

Percurso de Rafting: 178 m

Tela: Verde

Empresa: BIOTOP

#### Descrição:

Esta piscina (*Figura 36*) foi construída com o propósito de proporcionar no verão um local de divertimento para a população da aldeia de *Gaschurn* e no inverno poderem desfrutar de desportos tradicionais de inverno.

A Piscina Comunitária (*Figura 37*) conta com duas piscinas naturais (*Figura 36.1 e 36.2*), situadas em diferentes cotas conectadas por um riacho (*Figura 36.4*). O percurso de Rafting (*Figura 36.4*) faz-se pelo riacho em cima de colchões de ar, sendo esta a atracção principal. Outras atracções existentes no local passam por zonas para vólei de praia (*Figura 36.3*), jogos de água variados, uma torre de mergulho (*Figura 36.6*), torre para escalada (*Figura 36.5*), ilha com uma ponte de corda (*Figura 36.7*), áreas de descanso, piscina para as crianças (*Figura 36.8*), entre outras (*Figura 38*).



*Figura 36 – Vista sobre o Parque em Gaschurn (real e esquema) (Biotop, 2018).*



*Figura 37 – Piscina do Parque em Gaschurn em plena época balnear (in <http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor>).*



No período de inverno, as instalações são utilizadas para diversas actividades de lazer e contemplação, e as piscinas propriamente ditas irão servir como ringues de patinagem devido à superfície das suas águas congelarem com as temperaturas negativas próprias do local, o que lhe confere uma utilização anual para a diversão de toda a família.



Figura 39 – Espaço de estadia e zonas de regeneração (in <http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor>).



Figura 38 – Atracções da piscina com percurso de rafting, torres de salto, campo de vólei, entre muitas outras ((in <http://www.mountainbeach.at/#overviewmap-anchor>)).

O espaço tem ainda um amplo local para estadia com relvado e outras acomodações para os utilizadores do complexo (Figura 39).

As áreas de regeneração contam com plantas adaptadas ao local e com as propriedades necessárias para efectuar a purificação da água conferindo ao local um espaço de beleza e de contemplação (Figura 39).



## 6.2. WEBBER NATURAL SWIMMING POOL Minneapolis, Minnesota, EUA

Ano de Construção: 2015

Construção nova

Área Total: 4367 m<sup>2</sup>

- Área de natação: 1951 m<sup>2</sup>

- Área de regeneração: 1510 m<sup>2</sup>

Profundidade da piscina:

- Zona de natação: 1,93 m

- Pista de natação: 1,90 m

- Zona de mergulho/saltos: 3,5 m

Tela: Verde

Empresa: Lanform e BioNova

### Descrição

Minneapolis sempre teve uma ligação estreita com o elemento água sendo mais notório na parte sul, onde existem lagos e frentes ribeirinhas que possibilitam esta ligação. Porém na parte norte da cidade, o elemento água não tem tanta expressão, e a agravar o problema a frente ribeirinha está condicionada à indústria. A juntar a esta circunstância, a única piscina pública que a população do Norte de Minneapolis tinha foi fechada devido a problemas de deterioração causadas pelos muitos anos de utilização e houve assim a necessidade de se procurar alternativas para solucionar este facto.

Foi então que surgiu a piscina natural em *Webber Park*, a primeira na América do Norte (*Figura 40*). Após dois anos de construção a piscina abriu ao público atraindo visitantes até das cidades vizinhas. O complexo tem ainda aulas de natação para promover a segurança dos banhistas, tem ainda pistas pedestres ou para andar de bicicleta, campos de ténis e campos de jogos para as crianças, espaços para vendedores e artistas para actividades no parque, entre outros (*Figura 41*). Durante o inverno, o parque continua a ser utilizado para festas, pista de patinagem quando a água congela, e a casa da piscina passa a casa de acolhimento (*Figura 41*) aproveitando a lareira existente.



Figura 40 – Plano geral do complexo e vistas sobre a piscina das áreas norte e sul (Chua, 2018; Kendrick, 2018).

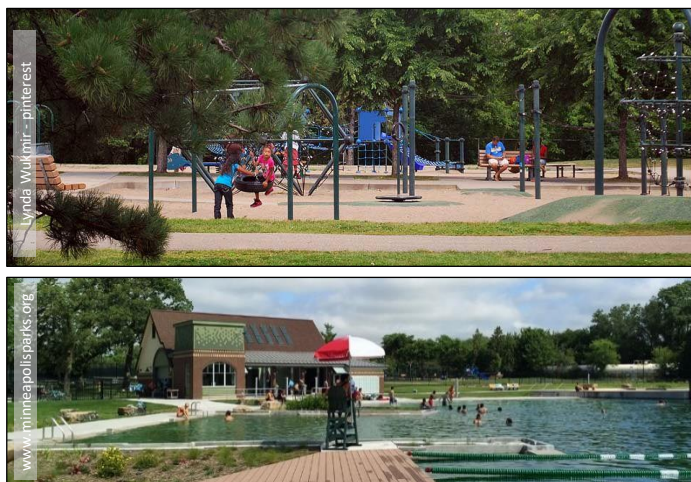


Figura 41 – Piscina Natural de Webber Park. Em cima: diversões; em baixo: vista para a piscina e casa de acolhimento.

Mais de 7600 plantas de 36 espécies diferentes foram plantadas nas zonas de depuração da água (Figuras 42 e 44), e na bacia de regeneração existem condições que geraram habitats para rãs, tartarugas e outros animais selvagens.



Figura 42 – Vistas sobre a zona de regeneração e de filtros emersos ([www.minneapolisparcs.org](http://www.minneapolisparcs.org)).

A água é purificada passando por filtros biológicos e depois pela bacia de regeneração (Figura 43). Esta é depois encaminhada para a zona de natação. Este ciclo renova toda a água da piscina a cada 12h tornando o sistema seguro (City Parks, 2018).

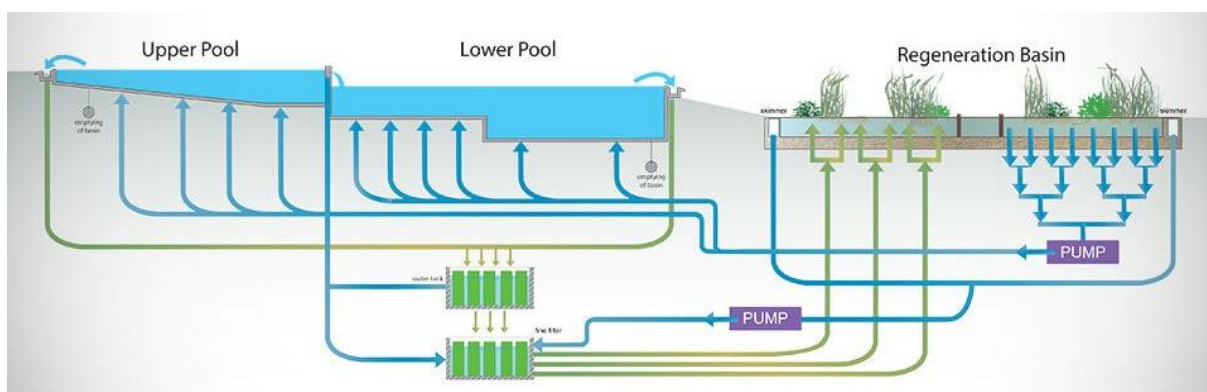


Figura 43 – Esquema geral do processo de filtragem da piscina natural de Webber Park (Minneapolis Park & Recreation Board in <https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/>).



Figura 44 – Fases de construção da bacia de regeneração e da bacia de natação. De notar o sistema de hidráulica incorporado na bacia por forma a difundir a água para homogeneizar a acção de purificação da água (in <https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/>).



### 6.3. WALDSTRANDBAD WINDSBACH

Windsbach, Alemanha

Ano de Construção: Abril 2016 / Maio 2017

#### Reconversão de antiga piscina tradicional

Área Total: 6526 m<sup>2</sup>

- Área de natação: 3100 m<sup>2</sup>

- Área de natação de competição com 6 pistas (cada com 100m comprimento): 2034 m<sup>2</sup>

- Área para saltos com combinação de trampolim de 5m, 3m, 1m: 222 m<sup>2</sup>

- Área de não-nadadores e acesso à praia: 2958 m<sup>2</sup>

- Praia do Norte com área de escorregas: 805 m<sup>2</sup>

- Praia do Sul, navio pirata e escorrega: 2153 m<sup>2</sup>

- Piscina infantil: 60 m<sup>2</sup>

- Área de regeneração: 1312 m<sup>2</sup>

- Área de bio-filtro: 360 m<sup>2</sup>

Profundidade da piscina: 4 m

Tela: Verde

Empresa: *WasserWerkstatt*

Tecnologia de Filtros: *Polyplan GmbH*



Figura 45 – Vista sobre a piscina de Waldstrandbad Windsbach (real e esquema) (imagens de <https://www.waldstrandbad-windsbach.de>).

#### Descrição:

A piscina de *Waldstrandbad* foi inicialmente projectada em 1938 pelo Engenheiro *Ansbach Albrecht Gebauer*. Tinha uma área total de 20000m<sup>2</sup> com um tamanho de 100m x 60m, bastante incomum para a época. Devido a falta de verbas, a remodelação foi sendo adiada consecutivamente até que em 2014 foi possível a sua reconversão em piscina natural recorrendo também a fundos comunitários (Figura 45).

A piscina foi construída para corresponder às necessidades da população ao nível regional e é uma forma de proporcionar um espaço de lazer voltado para as actividades físicas e outras actividades ao ar livre. Para além deste motivo também uma mais valia para proporcionar um incremento nas actividades disponíveis em termos turísticos para a região de *Nuremberg* pois tem um significado histórico-arquitetónico e artístico de relevância para toda a região (*Waldstrandbad Windsbach*, 2018). O projecto teve em conta a história do local e os elementos do património foram preservados na reestruturação de 50000m<sup>2</sup> de terreno e 6000m<sup>2</sup> de superfície de água (Figura 46).



Figura 46 – Várias fases da reconstrução da piscina (*Waldstrandbad Windsbach*, 2018).



A purificação da água passou a ser feita por uma área de plantas aquáticas nas zonas e regeneração e por novos filtros para auxiliar na depuração da água devido ao pouco espaço existente no complexo (Figura 47).



Figura 47 – Zona de regeneração (wasserwerkstatt, 2018) e zona de filtros emersos (Waldstrandbad Windsbach, 2018).

O centro do complexo continua a ser a enorme piscina de 100m x 60m mas esta foi complementada com outras atracções como um novo escorrega de ondas, uma nova torre de mergulho com alturas de 1m / 3m / 5m, um navio grande para brincadeiras dos mais novos, decks novos com plataformas multifuncionais (Figura 48).

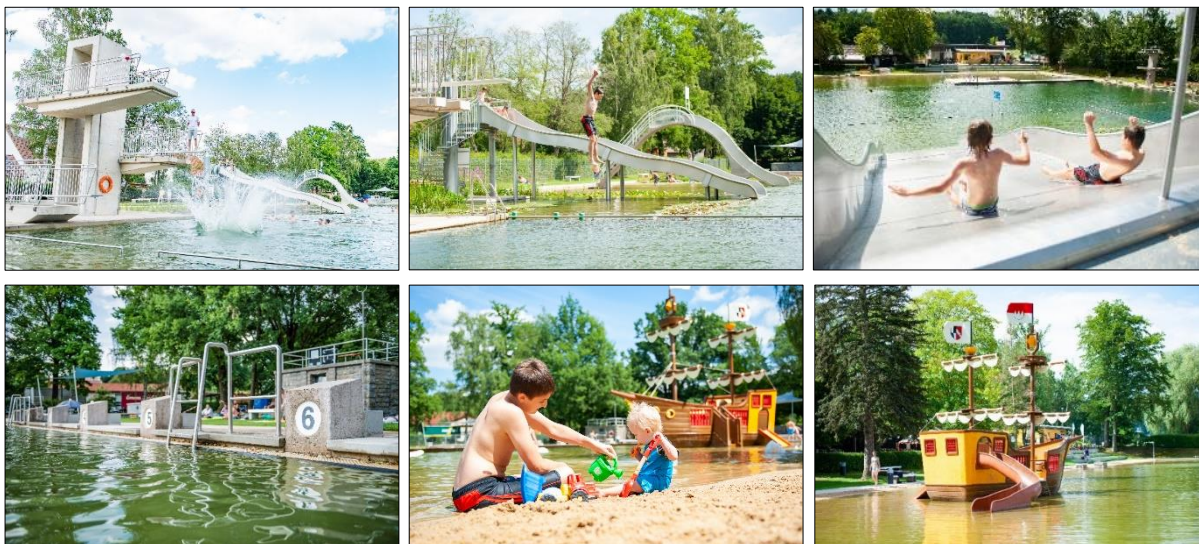


Figura 48 – Várias atracções que a piscina oferece, torres de mergulho, escorregas, praia de areia, barco pirata para entretenimento das crianças (Waldstrandbad Windsbach, 2018).

A zona envolvente foi também redesenhada incluindo uma nova área de chapéus, uma zona de tendas, um campo de voleibol de praia, nova área de divertimento para os mais novos, novos balneários, um novo espaço de cafetaria e esplanada, novos estacionamento, e uma área multifuncional que pode ser usada para outras actividades lúdicas (Figura 49) (Waldstrandbad Windsbach, 2018).



Figura 49 – Zonas de estar nas imediações da piscina e actividades lúdicas nocturnas (Waldstrandbad Windsbach, 2018).

#### 6.4. ZEN POOL, CLUB MED DA BALAIA

Albufeira, Portugal

Ano de Construção: Setembro 2016

##### Construção nova

Área Total: 850 m<sup>2</sup>

- Área de natação: 300 m<sup>2</sup>

- Área de regeneração: 400m<sup>2</sup>

- Área de bio-filtro: 50 m<sup>2</sup>

Profundidade da piscina: 1,8 m

Tela: Cor cinzenta-clara na zona de banho

Cor verde-oliveira na zona de plantas

Empresa: Bio Piscinas, Lda e SHB, lda

##### Descrição:

Tendo em vista uma nova oferta turística, com o aumento da diversidade do local e a valorização da propriedade, o Club Med da Balaia tomou a iniciativa de construir uma piscina ecológica de grandes dimensões no seu *resort* em Albufeira, complexo turístico com três hotéis nas suas imediações (*Figuras 50 e 51*). Esta piscina serve à volta de 225 utentes por dia (como lotação máxima), e está inserida na oferta desportiva que o *resort* oferece aos seus hóspedes, com outras actividades como voleibol, futebol, campo de ténis, ténis de mesa, tiro com arco, golfe, mergulho, piscina tradicional, entre outros. Mesmo fora da época banhar a Zen Pool, nome dado a esta nova piscina, permite usufruir de uma paisagem de contemplação e entretenimentos de variada ordem (*Schwarzer & Schwarzer, s/data*).



Figura 50 – Piscina Ecológica do Club Med da Balaia (Club da Balaia, 2018).

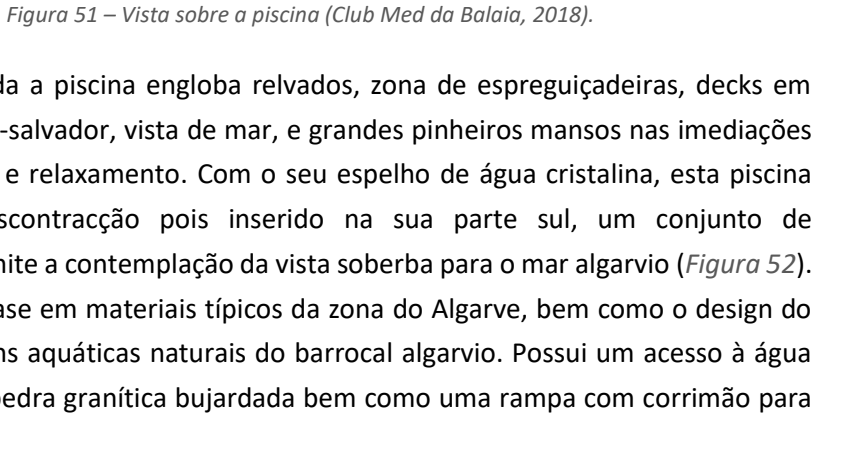


Figura 51 – Vista sobre a piscina (Club Med da Balaia, 2018).

O ambiente onde está inserida a piscina engloba relvados, zona de espreguiçadeiras, decks em madeira, bar, serviço de nadador-salvador, vista de mar, e grandes pinheiros mansos nas imediações permitindo um local de repouso e relaxamento. Com o seu espelho de água cristalina, esta piscina proporciona momentos de descontração pois inserido na sua parte sul, um conjunto de espreguiçadeiras submersas permite a contemplação da vista soberba para o mar algarvio (*Figura 52*). A sua construção foi feita com base em materiais típicos da zona do Algarve, bem como o design do projecto inspirado pelas paisagens aquáticas naturais do barrocal algarvio. Possui um acesso à água por escadas pavimentadas com pedra granítica bujardada bem como uma rampa com corrimão para facilitar uma total acessibilidade.



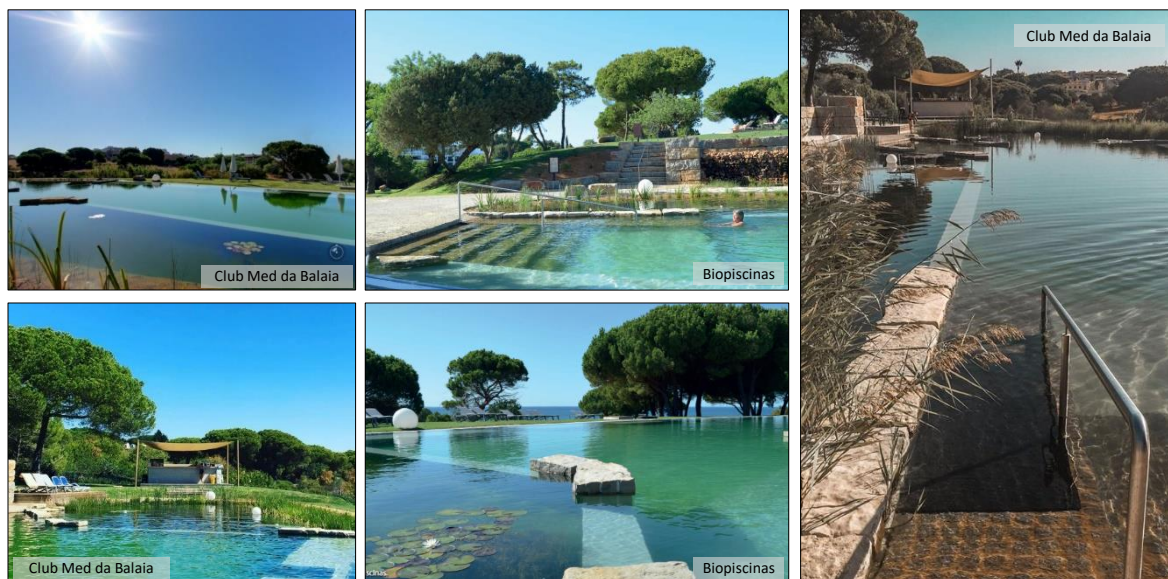


Figura 52 – Vistas sobre a piscina (Club Med da Balaia, 2018; Bio Piscinas, 2018).

As plantas selecionadas são típicas também da região permitindo a purificação da água de forma ecológica e inserida na paisagem (Figura 53) conferindo ao espaço um local mais acolhedor e semelhante ao natural. A água circula impulsionada por uma bomba que faz com que a água se movimente entre os filtros externos e a zona de filtro biológico voltando depois para a zona de natação (Schwarzer & Schwarzer, s/data).



Figura 53 – Vistas sobre as áreas de regeneração (Vários autores).

## 6.5. NATURFREIBAD - WEIßBACHMÜHLE

Merkendorf, Alemanha

Ano de construção: Março 2017/Junho 2018

### Remodelação de Lagoa

Área Total: 9500 m<sup>2</sup>

- Área de natação: 6400 m<sup>2</sup>

- Área de regeneração: 3100 m<sup>2</sup>

Volume total de água 14000 m<sup>3</sup>

Profundidade da piscina: 4 m

Tela: Verde

Empresa: *Wasserwerkstatt Bamberg*

### Descrição:

A piscina natural do Moinho de *Weißbach* está localizada a pouco mais de 600m da cidade de *Merkendorf*, na Alemanha, enquadrada por vastos campos agrícolas e prados verdes com árvores frondosas que conferem ao local um espaço de lazer e descontração<sup>8</sup>.

Antes da remodelação, o local tinha uma lagoa que servia para banhos ocasionais, mas que nem sempre a qualidade da água o permitia. Faltavam instalações e actividades de lazer. Em 2016 as entidades locais iniciaram um processo de remodelação da lagoa e em 2018 o projecto estava completo (*Figura 54*). Foi projectada uma piscina natural com áreas de natação, de lazer e plataforma de mergulho, escorrega, rampa de acesso facilitado, um palco flutuante, e uma praia de areia. Como equipamentos complementares foi criado um novo edifício atraente para as instalações de restauração (*Figura 55*), sanitários e vestiários; chuveiros ao ar livre; rampas adaptadas para acessibilidade ao edifício, às plataformas, à praia e à água; um parque infantil, um quiosque de restauração com terraço à beira do lago. Tem também um parque de campismo e parque de estacionamento<sup>8</sup>.



Figura 54 – Vista sobre a piscina natural de Naturfreibad - Weißbachmühle e esquema do complexo.

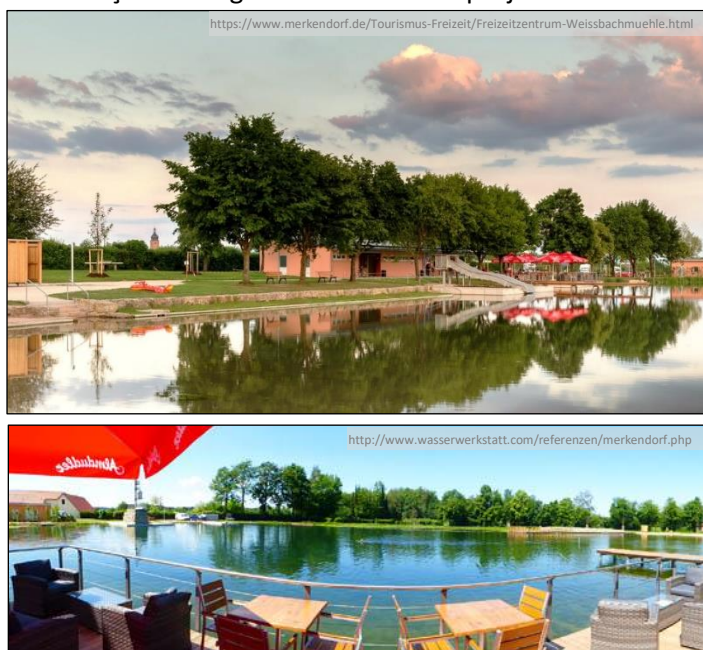


Figura 55 – Vista sobre as instalações complementares e do terraço.

<sup>8</sup> in Página web da cidade de Merkendorf, consultada no endereço <https://www.merkendorf.de/Home.html>.





Figura 56 – Plano geral da remodelação da piscina natural de Weißbachmühle (in <https://www.merkendorf.de/Tourismus-Freizeit/Freizeitzentrum-Weissbachmuehle.html>).

Para tratamento da água foi criado um sistema de filtragem totalmente novo e áreas de regeneração com plantas adaptadas ao local e que permitem criar cenários de natureza pura (Figura 56).

As margens também foram redesenhadas de forma a conferir ao espaço um cariz de lago natural. A experiência de banho torna-se desta forma uma sensação de pequeno paraíso no meio do verdejante das árvores, arbustos e herbáceas que ali se encontram (Figura 57).



Figura 57 – Vistas sobre a piscina natural e sobre o sistema de filtragem (<https://www.merkendorf.de/Home.html>).



## 6.6. OUTRAS APLICAÇÕES - LAGUNAGEM DE HARNES

Harnes, França

Ano de Construção: 2005

Recuperação de local

Área Total: 175000m<sup>2</sup>

Área de plano de água: 55000m<sup>2</sup>

Custo total: 1,5 milhões de euros

Equipa de projecto: *Agence Paysages*  
(*François-Xavier Mousquet e David Verp*)

### Descrição:

O projecto nasceu da intervenção do prefeito da cidade de *Harnes*, *Yvan Druon* e do arquitecto paisagista *François-Xavier Mousquet* e da *Agence Paysages* (*Figura 58*). O local era um espaço de uma antiga mina de carvão e da central de energia que operou desde 1947, data da construção, até 1985, data da última acção de produção, tendo sido desmontada nos anos 1987-1988 (*Radici, 2017; SIDE, s/data*).

Apresentado num programa de requalificação de um local industrializado (*Figura 59*), estabeleceram-se alguns dos desafios que o projecto iria enfrentar. Estes eram: proporcionar a depuração das águas, integrar ecologicamente o local, permitir o uso do espaço pela população, e tornar a área num todo juntamente com outras áreas naturais do local. Como último proposto, um terço da água no final de linha de depuração iria ser encaminhada para uma piscina ecológica com 15000m<sup>2</sup> para permitir desportos aquáticos e outras actividades, e caso se verificar a eficiência do sistema permitir a natação (*Briand & Mousquet, s/data*).

O projecto consistiu assim na criação de um sistema de lagoas para permitir a purificação da água através de processos naturais de fito-remediação (*Figura 62*) nos locais das fossas 9 da antiga mina dando continuidade ao processo de tratamento das águas residuais provenientes da estação de tratamento de *Fouquières-lez-Lens* (*Briand & Mousquet, s/data; SIDE, s/data; Ville de Harnes, 2018*).

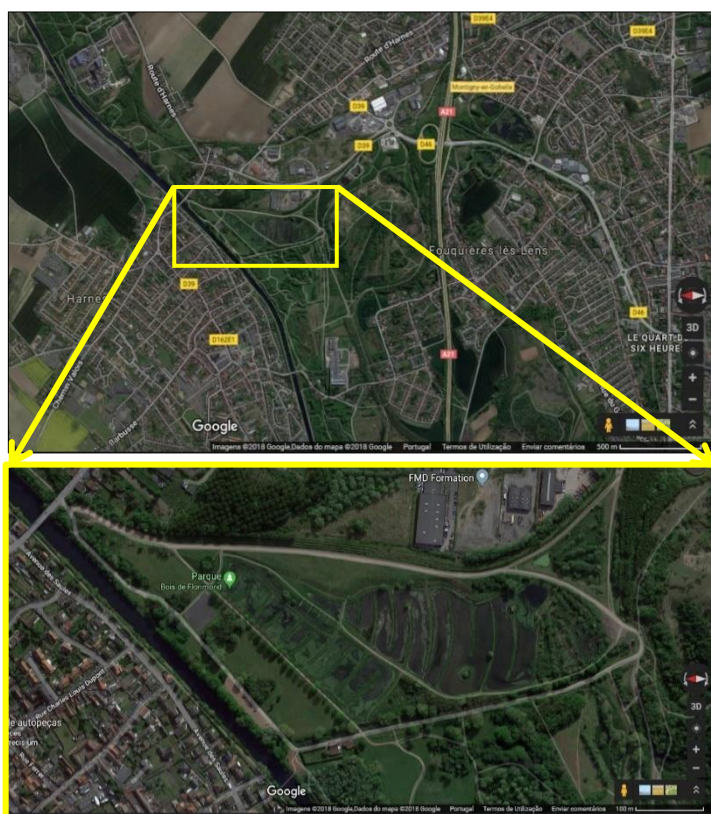


Figura 58 – Localização da Lagunagem de Harnes, França (Google Maps, 2018).



Figura 59 – Mina de carvão e central de energia de Harnes, França.

<https://fildemineur.skyrock.com/2651419280-Centrale-d-Harnes-a-Courrieres.html>



Seguindo o curso das águas estabelecido para o projecto, consegue perceber-se o percurso de depuração por que passa a água (Figura 60) vinda de esgotos recolhidos de uma área com 80000 habitantes (Briand & Mousquet, s/data).

Numa primeira fase, os esgotos são recolhidos na central de tratamento de *Fouquières-lez-Lens* (Figura 60.1) onde bactérias consomem a matéria orgânica aí existente reduzindo assim o conteúdo em minerais. Seguidamente (Figura 60.2) a água carregada de minerais, particularmente os nitratos, é encaminhada para uma primeira lagoa com uma extensão de 10km e com vegetação de Madressilvas (*Lonicera nitida maigrun*), Sanguinhos-legítimos (*Cornus sanguinea*) e Bétulas (*Betula verrucosa*). Tendo em conta o substrato de saibro onde estão plantadas, alguns dos nutrientes que as águas transportem são rapidamente absorvidos (Briand & Mousquet, s/data; SIDE, s/data).

Passando para a segunda lagoa (Figura 61 e Figura 60.3), a água está menos poluída, mas ainda assim contém nitratos e fosfatos que são necessários remover. Nesta lagoa encontram-se os juncos e outras plantas aquáticas como a Tabúa (*Typha angustifolia*), o Junco-florido (*Butomus umbellatus*), o Lírio-amarelo (*Iris pseudacorus*) e o Epilóbio-erizado (*Epilobium hirsutum*), que transformam este espaço num bonito tapete de cores muito interessante do ponto de vista estético e ecológico especialmente nos períodos de maior intensidade de crescimento e floração. Estas plantas vão absorver mais alguns dos nutrientes sendo depois retiradas do sistema para servirem para compostagem (Briand & Mousquet, s/data; SIDE, s/data).

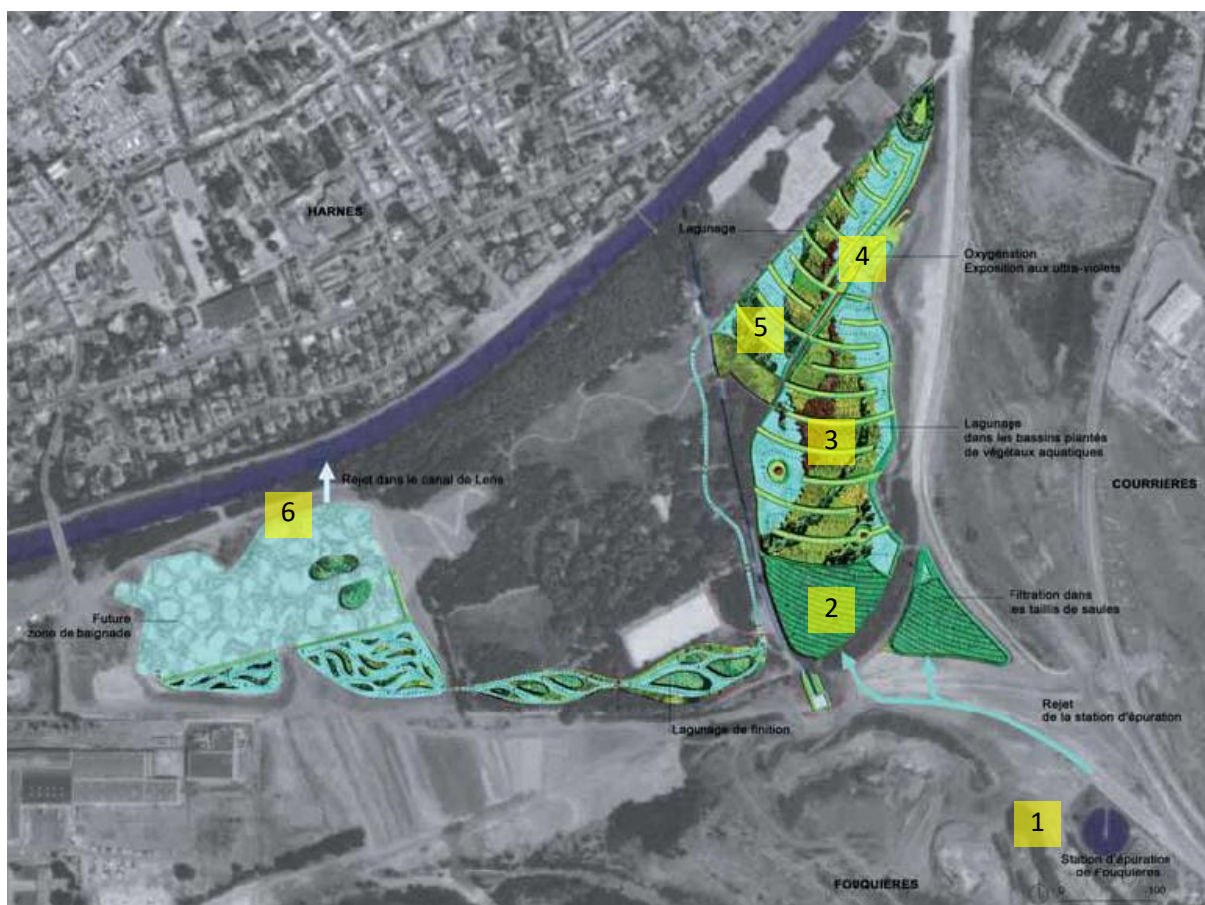


Figura 60 – Lagunagem de Harnes – Percurso da água projectado (Briand & Mousquet, s/data).



Figura 61 – Foto sobre a lagoa de depuração  
(<http://www.lascop-paysages.com/resmalbum=ProjetsParcs%20et%20loisirsalbum.xml>).

Após estas duas etapas, a água é transportada para uma altura de 2m recorrendo a bombas movidas a energia eólica (Figura 63), desce depois em cascata numa camada muito fina para oxigenação e para ser exposta aos raios ultravioleta para desinfecção (Figura 60.4). Daí, segue para outra lagoa (Figura 60.5) onde se irá mover muito devagar por entre as raízes das plantas aquáticas aí existentes e segue até ao seu destino final que será idealmente será uma piscina ecológica ou então para o canal (Figura 60.6) (Briand & Mousquet, s/data; SIDE, s/data).



Figura 62 – Lagunagem do Harnes - vista geral da área de intervenção.

Tem ainda vários percursos por onde é possível caminhar ou andar de bicicleta, ou até para observar a vida selvagem que habita naqueles locais, como os morcegos e os pássaros que fazem de dois bunkers da segunda guerra mundial o local para nidificar. Existem ainda várias placas identificativas (Figura 63) com as espécies animais e vegetais que ali se encontram para ser possível a sua identificação pelo público em geral.



Figura 63 – Fotos de diversos dos locais existentes no espaço da lagunagem (vários autores).





Figura 64 – Fotos dos locais da depuração da água. A água é movida para uma altura de 2m recorrendo a energia eólica para que depois possa descer numa camada muito fina para desinfecção pelos raios UV.

## 7. ANÁLISE CRÍTICA DOS CASOS DE ESTUDO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No capítulo 6 são apresentados cinco casos de estudo de piscinas ecológicas por ordem cronológica de construção/abertura ao público, e um caso de uma aplicação dos princípios biológicos para recuperação de um espaço industrial degradado.

Existem diferentes tipologias consoante o tipo de projecto: construção nova, reconversão de piscina tradicional em ecológica, ou recuperação. Também o local onde a piscina está inserida vai condicionar o tipo de projecto/solução encontrada para a mesma.

Relativamente aos casos de estudo respeitantes a piscinas ecológicas, estes vão ser analisados de modo global pois quase todos refletem soluções adequadas às necessidades dos clientes e como tal irão ter especificações semelhantes em alguns pontos e divergências noutros, sendo devidamente identificadas.

Todos estes casos de estudo refletem uma modificação nas consciências das populações pela procura do natural e do que de melhor existe na natureza. A utilização dos recursos naturais de um modo sustentável para benefício do ser humano em vez dos processos tradicionais com o uso de químicos, como o cloro, para tratamento da água das piscinas mostra uma elevação na consciência humana pela preservação da própria saúde, pela preservação dos recursos, mas acima de tudo pela preservação ambiental que este “simples” acto representa em termos globais. A substituição da água numa piscina tradicional, que costuma ser efectuada anualmente (dado que contém uma percentagem alta de vários produtos químicos como algicidas, floculantes, desinfectantes, etc.) traduz-se na utilização de um recurso natural cada vez mais escasso e, se se extrapolar para os milhões de piscinas, não causa admiração a contribuição que este acto provoca para a escassez de água doce que mundialmente se verifica.

O cloro, para além de apresentar todos os inconvenientes para a saúde já referidos neste trabalho, é também muito prejudicial em termos ambientais pois para além de contaminar as águas em que foi utilizado também se liberta para a atmosfera. Não obstante, se se referirem os milhares de toneladas de quilos que são gastos anualmente nas piscinas convencionais por todo o mundo para manter os padrões de qualidade exigidos por lei, o impacto do cloro é ainda maior.

Desta forma a mudança dos tratamentos com produtos químicos para tratamentos da água com utilização de plantas revela-se sempre da maior importância e uma mais valia para qualquer comunidade. Os vários casos de estudo encontraram as soluções adequadas a cada situação de modo a reflectirem esta nova consciência.

Porém, o uso de materiais de construção como é o caso do betão não se revela tão benéfico em termos ambientais, em contraste com o uso de materiais reciclados ou mesmo só com recurso à manipulação do solo para construção da estrutura da piscina. A utilização de telas e outros materiais elaborados a partir ou não de materiais reciclados é de todo a melhor alternativa para a construção destas. Não só reduz a necessidade de extracção de recursos naturais como possibilita inclusivamente a reutilização de materiais em fim de vida. Outra das vantagens quando se optar por retirar a piscina, é o custo de remoção das estruturas em betão armado ser muitíssimo mais dispendioso do que no caso de uma piscina ecológica, em que num só dia facilmente podem ser retiradas manualmente as

telas e, assim, concretizar-se a possibilidade de o espaço poder voltar a ser utilizado como anteriormente à sua construção.

Mas também podem ser encontradas diferentes interpretações e suscitar alguns pontos de divergência de opiniões relativamente à utilização do betão nos processos de construção. Por exemplo, a questão do tipo de projecto que se está a realizar. Se se falar de um projecto de reconversão de piscinas existentes, a primeira análise terá de ser sempre à condição da estrutura de betão. Caso esta esteja em condições, manter essa estrutura poderá ser ambientalmente mais viável do que a sua destruição e substituição. Não só os recursos naturais já foram utilizados para o fabrico do betão empregue na obra como este é também um material mais resistente. Caso a estrutura de betão já esteja fragilizada ou mesmo degradada, o melhor será mesmo a sua substituição por materiais reciclados caso seja possível.

Caso o projecto seja para ser implementado numa zona rural ou em proximidade com zonas naturais, as piscinas ecológicas são de todo a solução mais vantajosa. Não só causam um impacte muito reduzido no local pelo uso de materiais reciclados e uma tela para o isolamento do espaço como possibilitam o desenvolvimento de ecossistemas por vezes degradados ou desaparecidos. O uso de plantas para o tratamento da água não só representa uma mais valia para quem utiliza a piscina para recreação como também vai representar uma mais valia para a biodiversidade e para o aumento da atractividade do local. Vai permitir o aparecimento de novas comunidades de animais e insectos como também de anfíbios. Estes são já espécies por vezes em vias de extinção dada a sua fragilidade e quando presentes no local representam um bom indicador da qualidade da água. Outra vantagem é a possibilidade de este tipo de piscinas poder ser implementado em zonas de reservas ecológicas ou em parques naturais, pois o impacte no local é mínimo e desde que não sejam utilizadas estruturas de betão.

Dos casos de estudo nestas condições pode indicar-se o da piscina na localidade de *Merkendorf*, na Alemanha, pois tratou-se de uma remodelação de uma lagoa já existente, mas cujos maiores problemas registavam-se ao nível da qualidade da água.

O uso que se pretende dar à nova estrutura também representa uma condição de relevância na maior parte dos casos de estudo apresentados. Com excepção da Lagunagem do *Harnes* e da piscina ecológica do Club Med da Balaia, todos os outros casos pretendiam um local para proporcionar momentos de lazer e entretenimento para os seus habitantes. Deste modo, muitas foram as estruturas adicionadas aos complexos como escorregas, torres de mergulho, equipamentos dentro e fora de água para os mais novos, campos de vólei, repuxos, entre outros. De certo modo, em vez da denominação de piscinas ecológicas deveriam ser designados por parques aquáticos com tratamento de água biológico, tal é a panóplia de equipamentos utilizados. Porém, como o que se pretende é proporcionar um espaço de lazer para toda a família, os referidos equipamentos revelam-se importantes para garantir o entretém dos mais novos.

Em termos ecológicos, podem levantar-se também divergências sobre se as piscinas esteticamente mais semelhantes às tradicionais estarão de acordo com os princípios das piscinas ecológicas. O uso de betão nas suas estruturas, ou o uso de bombas movidas a energia eléctrica da rede, ou o uso de filtros adicionais não são propriamente os melhores exemplos de sustentabilidade ecológica.

O grande intuito das piscinas ecológicas é causar o menor impacto possível no meio ambiente e utilizar o mínimo de recursos não renováveis. Por outro lado, pretende maximizar o uso de recursos naturais para a construção de um ecossistema estável, mas que seja seguro para utilização balnear. Este objectivo consegue-se com o uso de plantas em quantidade adequada à dimensão da piscina para que estas consigam realizar a depuração da água o mais possível sem recurso a outros mecanismos, utilizar materiais reciclados para a construção das estruturas; e recorrer ao uso de painéis fotovoltaicos (ou no caso de ser mais vantajoso, ao uso de moinhos de vento como no caso do *Harnes*) para produzir a energia necessária ao funcionamento das bombas para circulação da água e ao aquecimento desta até valores tépidos para não perturbar o equilíbrio do ecossistema.

Os filtros existentes no mercado para controlar a quantidade de fósforo, por exemplo, ou para filtrar numa primeira fase a água vinda da área de natação são constituídos por produtos também eles naturais ou provenientes de reciclagem. Como tal o seu impacto não é significativo, pois em termos energéticos funcionam por gravidade ou com recurso a bombas de alta eficiência movidas por energia solar.

Tratando-se de piscinas para uso público, a questão do uso de filtros adicionais é de certo modo relevante. A intensidade de uso deste tipo de piscinas requer uma capacidade de depuração superior ao que ocorre nas piscinas para uso privado pois a escala a que nos referimos no caso de piscinas para uso público é substancialmente maior do que no caso das piscinas para uso privado. Como tal, o recurso a filtros adicionais torna-se vital para garantir a segurança dos utilizadores em termos de saúde pública, e tal como referido anteriormente, para este tipo de piscinas a legislação vigente é mais exigente (embora em Portugal ainda não esteja contemplado na lei a regulamentação da qualidade das águas tratadas de forma biológica).

Na opinião do autor, as exigências da qualidade da água indicadas por entidades estrangeiras, como o caso do grupo FLL ou do grupo IOB, mas cujos conhecimentos na área são bastante extensos e contam com a experiência de vários intervenientes no processo tanto de construção como de manutenção, são adequadas para as piscinas de uso público pois estão bem validadas por testes e análises feitas a águas de piscinas já implementados noutros países e com utilizações intensivas. Assim sendo, seria de todo uma mais valia para Portugal que estas recomendações fossem aprovadas e passassem a constar na legislação nacional.

Por outro lado, sem estes filtros adicionais a maior parte das piscinas naturais oriundas de reconversões de piscinas tradicionais não seriam passíveis de operar pois o tamanho necessário para as áreas de regeneração seriam de tal modo impossíveis de conseguir pelo pouco espaço disponível para o efeito que se tornaria difícil atingir os parâmetros de qualidade da água de forma totalmente natural. Na maior parte das situações de reconversões dos casos de estudo apresentados como tal, o espaço físico era um factor limitante. Veja-se o caso de estudo da piscina de *Waldstrandbad*, em *Windsbach* ou o caso da *Naturfreibad* em *Merkendorf*, ambas na Alemanha.

Nos casos de estudo apresentados no capítulo 6, e independentemente do tipo de solução encontrada, é notória a intervenção do arquitecto paisagista e equipa especializada na construção das piscinas. Vejam-se as formas harmoniosas do desenho, a integração da piscina no espaço, o desenho das manchas de vegetação as quais tornam os complexos apelativos aos sentidos. Faz-se especial



referência ao projecto de Lagunagem do *Harnes* por ser de todos o que incorpora todos os propósitos de recuperação de uma paisagem.

Neste caso específico da Lagunagem do *Harnes*, o projecto elaborado foi no sentido de requalificação de uma área industrial degradada não devendo, na opinião do autor, ser analisado juntamente com os outros casos de estudo. Neste caso a requalificação compreendeu a criação de grandes lagoas com percursos meandrisados por meio dos quais a água é conduzida para depuração das águas dos esgotos semi-tratados provenientes da ETAR. A área de trabalho era bastante extensa e como tal permitiu criar um percurso também ele extenso para que a purificação da água ocorresse de forma lenta mas muito eficaz antes de ser lançada para o rio nas proximidades.

Este projecto revela uma capacidade soberba de utilização dos elementos naturais para uma tarefa que de outro modo iria provocar degradação do ambiente na forma de obtenção dos químicos necessários ao tratamento bem como de materiais para a construção de novas instalações para a ETAR. Desta forma alia-se o elevado poder de absorção das plantas à acção do vento e do sol para realizar uma actividade extremamente benéfica de limpeza da água e de preservação da linha de água e consequentemente de toda a área circundante.

Embora o projecto não tenha sido concluído na sua íntegra, pois era pretendido a existência de uma piscina natural no final do percurso para onde parte da água seria encaminhada, não deixa de ser um espaço de lazer para a população das localidades circundantes. Os percursos pedestres criados permitem a observação de fauna e flora, que ali encontraram o seu abrigo, servindo para aprendizagem e contemplação.

Neste caso de estudo, também é de salientar a forma exemplar de como a utilização da energia eólica foi utilizada para tornar o projecto autónomo em termos energéticos. Deste modo obteve-se a energia necessária para elevar a água por forma a aumentar a desinfecção e oxigenação desta pela descida em camada muito fina pelos degraus ficando também assim exposta aos raios ultravioleta, os quais vão ser úteis para destruir microrganismos que se encontrem na água.

Como resultado, obteve-se um espaço natural muito bem concebido e com uma missão ambiental muito benéfica, bem como um elemento paisagístico de relevância para as comunidades circundantes. Não só tem a função de tratamento e preservação de um bem tão importante como o é a água, mas também permite o desenvolvimento de uma biodiversidade rica que de outra maneira não iria ser possível. As várias alterações que se registam ao longo das estações do ano conferem igualmente uma paisagem com uma qualidade cénica muito interessante para a sua observação.

As piscinas ecológicas revelam de facto uma vantagem a todos os níveis sobre as piscinas tradicionais com tratamento por cloro. Desde as questões de saúde pública até às questões ambientais, passando igualmente pelas questões de carácter económico.

Pelos casos apresentados, as piscinas ecológicas podem ser utilizadas para uso público sem prejuízo de deterioração da qualidade da água, pois os métodos de depuração por plantas aliados a filtros adicionais conferem a pureza da água para uso balnear.

O facto de serem semelhantes aos ecossistemas dos lagos vão permitir também uma utilização do espaço durante todo o ano. Permitem o uso como piscina na época balnear, permitem a observação das mudanças ao longo das estações do ano com todas as qualidades que a flora e fauna proporcionam, assim como permitem a utilização do local para fins variados mesmo no inverno, como festas, picnics, espectáculos, entre outros.

A adopção deste tipo de piscinas pelos municípios iria trazer uma mais valia a todos os níveis. Em questões de saúde pública iria minimizar, ou até mesmo eliminar as consequências associadas ao contacto com o cloro e seus derivados. Na gestão da disponibilidade de água doce do concelho/município pois a água das piscinas ecológicas não necessita de ser mudada com a frequência com que as piscinas tradicionais têm de o fazer. Em questões de manutenção, o erário público seria beneficiado pois os custos associados às piscinas ecológicas são substancialmente menores, e assim esses recursos financeiros não utilizados na manutenção das piscinas poderiam ser canalizados para benefício das populações noutras áreas. Também no turismo, estes municípios iriam ser beneficiados pois estas piscinas constituem um factor de atractividade cada vez maior junto dos turistas estrangeiros.

As piscinas naturais revelam assim um enorme potencial para qualquer local que pretenda implementar um equipamento desta natureza, não só pelas qualidades já enunciadas mas também pela integração e desenvolvimento de comunidades de fauna e flora associadas a este tipo de piscinas. Não só aumenta a biodiversidade como também proporciona uma melhoria da paisagem do local.

E é neste sentido que a Arquitectura Paisagista pode dar o seu contributo para o desenvolvimento local, utilizando os conhecimentos adequados para o planeamento deste tipo de projectos bem como de outros projectos a este associados, como forma de gerar mais valias quer económicas, quer sociais, quer ecológicas.

Por forma a exemplificar um trabalho dessa natureza, encontra-se em anexo VIII um projecto para uma piscina ecológica de uso público. Este projecto tem por base os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo desta dissertação. Tentou demonstrar-se a exequibilidade deste tipo de piscinas para o fim indicado com a garantia de que se consegue uma qualidade balnear segura para todos os utilizadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista, T., Mendes, P., Vila-Viçosa, C., Pinto-Gomes, C., Fernández-Pozo, L., & Cabezas, J.; 2011. *“Unidades Locais de Paisagem: ensaio aplicado à área Alentejo-Extremadura no âmbito OTALEX II /Unidades Locales de Paisaje: ensayo aplicado al área Alentejo-Extremadura en el ámbito de OTALEX II”*. Universidades de Évora e Universidad de Extremadura. Disponível em: [https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4788/1/8\\_OTALEXII\\_Upaisagem\\_final\\_rev\\_v2.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4788/1/8_OTALEXII_Upaisagem_final_rev_v2.pdf). Consultado em Outubro de 2018.
- Biofermenta; 2018. *“Schwebbett Reaktor”*. Disponível em: <http://www.biofermenta.com/produkte/schwebbett-reaktor/informationen/#prettyPhoto>. Consultado em Maio 2018.
- BioNova; 2018. *“BioNova® Natural Pools - Gravity Skimmers in Action”* - Vídeo explicativo sobre o funcionamento destes sistemas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JR9M7BBFDCl>. Consultado em Maio 2018.
- Biotop; 2018. *“Natural Pools and Living Pools”*. Disponível em: <https://gb.bio.top/>. Consultado em Junho 2018.
- Briand, G. e Mousquet, F.X.; s/data. *“Reversing the image of a coal basin”*. Disponível em: [http://www.nextroom.at/data/media/med\\_binary/original/1160214553.pdf](http://www.nextroom.at/data/media/med_binary/original/1160214553.pdf). Consultado em Setembro 2018.
- Bruns, S.; 2015. *“FLL- Recommendations for Planning, Construction, Servicing and Operation of Outdoor Swimming pools with Biological Water Purification (Swimming and Bathing Ponds)”*. Polyplan GmbH. Disponível em: [www.polyplan-gmbh.de](http://www.polyplan-gmbh.de). Consultado em Outubro 2016.
- Cabral, F. C.; 1973. *“Paisagem”* In Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura Vol. 14. Editorial Verbo. Lisboa.
- Cabral, F. C.; 1993. *“Fundamentos da Arquitectura Paisagista”*. Instituto de Conservação da Natureza. Lisboa.
- Casanovas-Massana, A. and Blanch, A.R.; 2013. *“Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools”*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 216 (2), 132-137.
- Carneiro, J. P.; 2011. *“O Conceito de Pays e sua Discussão na Geografia Francesa do XIX”*. Revista Geográfica da América Central. Número Especial, EGAL, 2011. Costa Rica, II Semestre 2011, p 1-13. Disponível em: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1781>. Consultado em: Setembro 2018.
- CEAP – Centro de Estudos de Arquitectura Paisagista “Prof. Caldeira Cabral”; 2010. *“Caracterização da Arquitectura Paisagista em Portugal”*. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 97pp.
- Chua, M.; 2018. *“North Minneapolis opens first public natural swimming pool in the U.S.”* Disponível em: <https://mikesounds.com/webber-natural-swimming-pool/>. Consultado em Agosto 2018.

- City Parks; 2018. “*Webber Park*”. Disponível em: <https://www.cityparksalliance.org/>. Consultado em Setembro 2018.
- Club Med da Balaia; 2018. Disponível em: [https://www.clubmed.pt/?\\_ab2=b](https://www.clubmed.pt/?_ab2=b). Consultado em Setembro 2018.
- DGfNB - Sociedade Alemã de Águas Naturais para Banho eV; 2018. Disponível em: <http://www.dgfnb.de/>. Consultado em: Maio 2018
- DGOTDU - Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; 2004. “*Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental*”. Coordenação de Alexandre Cancela d’Abreu, Teresa Pinto Correia e Rosário Oliveira. Colecção Estudos 10. 5 Volumes. Lisboa. (informação disponibilizada na página web da DGOTDU).
- DGT - Direcção Geral do Território, 2018. Disponível em : <http://www.dgterritorio.pt/>. Consultado em Outubro de 2018.
- Ferreira, A. G.; 2008. “*Piscinas Biológicas - O Prazer Natural da Água*”. Edição Bio Piscinas®, Lda. 95pp
- Ferreira, A.S.; 2013. “*Piscinas em Portugal – Conceção Arquitectónica das Piscinas Municipais de São João da Madeira*”. Dissertação de Mestrado em Arquitectura. Universidade Lusófona. Lisboa.
- FLL; 2013. “*Recommendations for Planning, Construction, Servicing and Operating of Outdoor Swimming Pools with Biological Water Purification (Swimming and Bathing Ponds)*” – Versão PDF. FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. Bona, Alemanha
- Flora-On: Flora de Portugal Interactiva; 2014. Sociedade Portuguesa de Botânica. Disponível em: [www.flora-on.pt](http://www.flora-on.pt). Consultado em Outubro 2018.
- Florentin, A.; Hautemanière, A.; Hartmann, P.; 2011. “*Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools*”. International Journal of Hygiene and Environmental Health. Volume 214, Issue 6, November 2011, Pages 461-469
- HCMA - HCMA Architecture + Design, 2016; “*Natural Swimming Pools Report - The Future of Public Swimming without Chlorine*”. Versão pdf. Edição HCMA. Canadá.
- Hidroprojecto, Engenharia e Gestão, SA; ICNB, I.P. - Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade; 2008. “*Plano de Ordenamento do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina*”. Estudos de Base - Etapa 1 – Descrição. Volume III (REV 01 – 2008-12-31)
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas; 2018. “*Mapeamento e Avaliação de Ecossistemas e de Serviços dos Ecossistemas*”. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/mase>. Consultado em Outubro 2018.
- IOB - Internationale Organisation für naturnahe Badegewässer e. V., 2016. “*Naturally Clean Water Through Biological Water Purification*”. Publicação de apresentação da organização e da actividade da instituição. IOB Press. Alemanha.
- IOB - Internationale Organisation für naturnahe Badegewässer e. V., 2018. Disponível em: [http://www.iob-ev.eu/cms/iob/en/cms?cms\\_knschluessel=HOME](http://www.iob-ev.eu/cms/iob/en/cms?cms_knschluessel=HOME). Consultada em: Junho 2018

- IPQ - Instituto Português da Qualidade; 1993. "*Directiva CNQ N. 23/93 - A qualidade nas Piscinas de Uso Público*". Conselho Nacional da Qualidade. Lisboa.
- Kendrick, J. 2018. "*Top Projects of 2015 series: Webber Park Natural Swimming Pool*". Disponível em: <https://finance-commerce.com/2016/09/top-projects-of-2015-series-webber-park-natural-swimming-pool/>. Consultado em: Agosto 2018.
- Lecoq, N.; 2014a. "*Comunicações orais no âmbito da Cadeira de Vegetação no Espaço Urbano da Licenciatura em Arquitectura Paisagista*". ISA. Lisboa.
- Lecoq, N.; 2014b. "*A Herdade da Contenda. Uma Paisagem Única como Paisagem de Referência*". Dissertação para Obtenção do Grau de Doutor em Gestão Interdisciplinar da Paisagem. Universidade de Évora. Maio. 285 pp.
- Liem, J., 2014. "*Biological Water Purification for indoor swimming pools*". Artigo Universitário. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:5ae5f3b7-e59d-49dd-ac8f-89f8572ac7e9/datastream/OBJ3/download>. Consultado em: Julho 2018.
- Littlewood, M.; 2005. "*Natural Swimming Pools: Inspiration for Harmony with Nature*". Schiffer Publishing. Pennsylvania.
- Littlewood, M.; 2016. "*A Guide to Building Natural Swimming Pools*". Schiffer Publishing. Pennsylvania.
- Luther- Viveiros e Projectistas de piscinas ecológicas; 2018. Disponível em <http://www.luther.it/index.php/it/biopiscine-italia/categorie-costruttive-biopiscine>. Consultado em Maio 2018
- McKane, L.; Kandal, J.; 1996. "*Microbiology - Essentials and applications*" - Versão internacional. 2ª Edição. McGraw-Hill, Inc. California. 843pp.
- Magalhães, M. R.; 2001. "*A Arquitectura Paisagista – Morfologia e Complexidade*". Editorial Estampa. Lisboa.
- Mariner, R.; 2014. "*Development of Modular Treatment Systems for Nutrient Control in Natural Swimming Pools*". Dissertação de Mestrado. Cranfield University - School of Applied Sciences. Cranfield. Inglaterra.
- Mestre, A.; 2014. "*Contribuição para o Estudo de Propagação e Produção de Plantas Aquáticas*". Dissertação de Mestrado em Arquitectura Paisagista. Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Nunes, A.; Almeida, A. C., s/ data. "*A paisagem como elemento de sustentabilidade nos territórios de fronteira. O exemplo do município do Sabugal*". Imprensa da Universidade de Coimbra. Disponível em: [https://doi.org/10.14195/978-989-26-1343-7\\_11](https://doi.org/10.14195/978-989-26-1343-7_11). Consultado em Outubro 2018.
- Nunes, J., 2012. "*Comunicações orais no âmbito da cadeira de Introdução à Arquitectura Paisagista*", Licenciatura em Arquitectura Paisagista, ISA. Lisboa.



- Pereira, H. M.; Domingos, T.; Vicente, L.; Proença, V.; 2009. *"Ecosystemas e Bem-Estar Humano - Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment"*. ESCOLAR EDITORA. Lisboa  
Disponível em :  
[http://www.isa.ulisboa.pt/inbio/theoeco/publications/Pereira\\_2009\\_Ecosystemas.pdf](http://www.isa.ulisboa.pt/inbio/theoeco/publications/Pereira_2009_Ecosystemas.pdf).  
Consultado em Outubro 2018.
- Pinto Correia, T., Cancela d'Abreu, A. O. e Oliveira, R.; 2001. *"Identificação de Unidades de Paisagem: Metodologia aplicada a Portugal Continental"*. p. 195-206. Finisterra, XXXVI, 72. Disponível em:  
<https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1634/1328>. Consultado em Outubro de 2018.
- Polyplan GmbH, 2018. Disponível em: <http://www.polyplan-gmbh.de/>. Consultado em: Maio 2018
- Portal da Construção, 2018. *"Construção de Piscinas - Volume IV - Piscinas"*. Guia de O Portal da Construção. Disponível em: [www.oportaldaconstrucao.com](http://www.oportaldaconstrucao.com). Consultado em: Maio 2018.
- PRF, Barrett & Newman, J.; 2012. *"Centre for Aquatic Plant Management Information Sheet 1: Control of Algae with Barley Straw"*. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Inglaterra.
- Radici, S.; 2017. *"Lagunage de Harnes et Bois de Florimond – Harnes, Francia"*. Recycled Landscapes. Disponível em: [http://recycledlandscapes.altervista.org/lagunage-de-harnes-et-bois-de-florimond-harnes-francia/?doing\\_wp\\_cron=1497635833.7975850105285644531250](http://recycledlandscapes.altervista.org/lagunage-de-harnes-et-bois-de-florimond-harnes-francia/?doing_wp_cron=1497635833.7975850105285644531250). Consultado em: Setembro 2018
- REA - Portal do Estado do Ambiente, 2018. *"Águas Balneares"*. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1guas-balneares>. Consultada em: Setembro 2018.
- RHS - Royal Horticultural Society; 2013. *"RHS What Plant Where Encyclopedia"*. Dorling Kindersley Limited. Inglaterra.
- RHS - Royal Horticultural Society; 1997. *"The Royal Horticultural Society Water Gardening"*. Dorling Kindersley Limited. Londres. Inglaterra.
- Ribeiro, O.; 1993. *"Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico"*. Sá da Costa, Lisboa.
- Santos, G.; 2005. *"Piscinas Ecológicas: Conceito, Execução e Manutenção"*. Relatório de Fim de Curso de Arquitectura Paisagista. Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Schwarzer, C. & Schwarzer, U.; s/data. *"Zen Pool - A Piscina Biológica do Club Med da Balaia"*. Artigo disponibilizado pelos autores via correio electrónico.
- Schwarzer, C. & Schwarzer, U.; 2014. *"Piscinas Biológicas Públicas"*. Publicação Bio Piscinas. Disponível em: [www.biopiscinas.pt](http://www.biopiscinas.pt). Consultado em: Maio 2018.
- Schwarzer, C.; & Schwarzer, U.; 2018. *"Bio Piscinas"*. Disponível em: <http://www.biopiscinas.pt/>. Consultado em: Julho a Setembro 2018.
- Selman, P.; 2008. *"What do we mean by sustainable landscape? Sustainability: Science, Practice, & Policy"*. <http://ejournal.nbii.org>. Community Essay, Volume 4, Issue 2. Department of Landscape, University of Sheffield. p. 23-28.

- Steiner, F.; 2008. *"The Living Landscape – An ecological approach to landscape planning"*. 2ªed. IslandPress. Nova Iorque.
- Sucher, K. & Syren, S.; 2018. *"Badespaß im Schwimmteich"*. Disponível na revista on-line *"Schwimmteich Badespaß im Garten"* em: <https://www.mein-schoener-garten.de>. Consultada em: Agosto de 2018.
- SIDE - *Système d'Information du Développement Durable et de l'Environnement*; 2018. *"La lagunage d'harnes"*. Disponível em: [http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD\\_FICJOINT\\_0001190](http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_0001190). Consultada em: Setembro 2018.
- Telles, G. R.; 1985. *"Para além da Revolução"*. Lisboa: Edições Salamandra.
- Villanueva, C. et Font-Ribera, L.; 2012. *"Health impact of disinfection by-products in swimming pools"*. Ann Ist Super Sanità 2012. Vol. 48, No. 4: 387-396
- Ville de Harnes, 2018. Disponível em : <https://www.ville-harnes.fr/site/contacter-la-mairie/>. Consultado em Setembro 2018
- Waldstrandbad Windsbach; 2018. Disponível: <https://www.waldstrandbad-windsbach.de>. Consultada em: Setembro 2018.
- Washer, D.; Jongman, R. (Eds.); 2000. *"European landscapes. Classification, assessment and conservation"*. European Environmental Agency, Copenhagen.
- WasserWerkstatt; 2018. Disponível em: <http://www.wasserwerkstatt.com>. Consultado em: Outubro 2018.
- WHO - World Health Organization, 2006. *"Guidelines for safe recreational water environments"* – Vol. 2 – Swimming pools and similar environments. Versão pdf. WHO Press. Suíça. 118pp
- Wu, J.; 2013. *"Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes"*. Landscape Ecology, 28 (6), pp. 999-1023
- Zeocat Soluciones Ecológicas, 2018. Disponível em: <http://www.zeolita.eu>. Consultado em: Agosto 2018

#### Legislação:

- Convenção Europeia de Paisagem, Florença 2000
- Decreto-Lei n.º 565/1999 de 21 de Dezembro
- Decreto-Lei n.º 4/2005 de 14 Fevereiro
- Decreto-Lei n.º 113/2012, de 23 Maio
- Directiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Fevereiro de 2006
- Directiva CNQ 23/1993
- Lei n.º 11/1987 de 7 de Abril
- Lei n.º 13/2002, de 19 de Fevereiro

## **ANEXOS**

## Anexo I – Estudo sobre o uso de palha para controlar a proliferação de algas (PRF & Newman, 2012)



### INFORMATION SHEET 1: CONTROL OF ALGAE WITH BARLEY STRAW

Algae cause a number of problems in water. They impede flow in drainage systems; block pumps and sluices; interfere with navigation, fishing and other forms of recreation; cause taint and odour problems in potable waters; block filters and; in some instances, create a health hazard to humans, livestock and wildlife. These problems are increasing because nutrient concentrations in water are rising as a result of human activity and natural processes. There is simultaneous and growing demand world-wide for improvements in water quality. The need to control algae, therefore, is increasing for environmental, recreational and public health reasons.

Because of their small size and rapid growth rates, unicellular algae are difficult to control by methods used for other aquatic plants. Cutting and other forms of mechanical control can help to reduce problems with filamentous algae but are of very limited use. Algae are susceptible to herbicides, but this approach is unpopular in some waters on environmental or public health grounds. Furthermore, herbicides which control algae also kill higher plants so that, although the water is cleared temporarily of all plants, once the herbicide has gone from the water, the regrowth of algae is not restricted by competition from the higher plants and the problem may worsen in subsequent years.

The Centre for Aquatic Plant Management has developed a novel method of controlling algae, which overcomes many of these problems. The application of barley straw to water and has been tested in a wide range of situations and in many countries throughout the world and has proved to be very successful in most situations with no known undesirable side-effects. It offers a cheap, environmentally acceptable way of controlling algae in water bodies ranging in size from garden ponds to large reservoirs, streams, rivers and lakes.

Despite the simplicity of the idea, experience has shown that there are a number of basic rules that must be followed to ensure that the straw works successfully. The purpose of this Information Sheet is to provide practical advice on the optimum ways of using straw.

#### HOW STRAW WORKS

In order to use straw effectively, it is necessary to understand something of how the process works. When barley straw is put into water, it starts to decompose and during this process chemicals are released which inhibit the growth of algae. Rotting is a microbial process and is temperature dependent, being faster in summer than in winter. It may take 6-8 weeks for straw to become active when water temperatures are below 10°C but only 1-2 weeks when the water is above 20°C. During this period, algal growth will continue unchecked. Once the straw has started to release the chemical it will remain active until it has almost completely decomposed. The duration of this period varies with the temperature and the form in which the straw is applied and this will be discussed in more detail later. The straw should remain active for between four and six months, after which its activity decreases rapidly.

The details of the exact mechanism by which straw controls algae has not been fully investigated, but it is generally accepted that the process may occur as set out below. Only a few of the compounds released from straw have been identified, the majority are known to be non-toxic while some may have slight toxic effects at the concentrations detected. It is likely that a combination of factors results in the anti-algal activity generated from decomposing straw.

When straw is first placed in water, the soluble components of the straw are washed out, causing water to turn a brown colour. These compounds have not been identified, but they are likely to be a mixture of carbohydrates and hemicelluloses. Bacteria are the most dominant micro-organism at this stage.



After about two weeks the dominant micro-flora change to fungi. This is when decomposition of lignin and other cell wall components starts to occur.

When straw rots, the cell wall components decompose at different rates. Lignin is very persistent and is likely to remain and be released into the water as the other components decay. Decomposition of lignin leads to the production of a form of soluble lignin and other decomposition products. These decomposition products are likely to be transformed by bacterial and fungal enzyme activity before being released in to the surrounding water. This mixture of compounds is transformed into fulvic and humic acids.

These humic substances are more easily referred to as Dissolved Organic Carbon or DOC. DOC is a natural component of many freshwater and marine ecosystems. When light shines onto water which contains humic substances, in the presence of dissolved oxygen, hydrogen peroxide is eventually formed.

High molecular weight DOC absorbs sunlight energy and can pass this energy to dissolved oxygen molecules. The dissolved oxygen becomes unstable and decomposes into two singlet oxygen radicals. These are very short lived, of the order of 1 micro-second, but extremely reactive molecules. The singlet oxygen radicals form superoxide radicals and these form hydrogen peroxide in water. The hydrogen peroxide is slightly more stable and persists for approximately 2 days in freshwater. The presence of a continuous supply of the right form of DOC creates conditions whereby hydrogen peroxide and the other oxidising agents can be continuously produced.

Concentration of hydrogen peroxide of only 2 ppm peroxide have been demonstrated to inhibit the growth of algae. Experiments have shown that sustained low concentrations of hydrogen peroxide can have a very similar effect on algae to that of straw.

There are various factors which affect the performance of straw and which support this hypothesis. It is important to take these factors into account to ensure successful treatment of algal problems with straw.

#### TYPES OF STRAW

Barley straw works more effectively and for longer periods than wheat or other straws and should always be used in preference to other straws. If barley is unavailable, other straws, including wheat, linseed, oil seed rape, lavender stalks and maize can be used as a substitute. The information in this leaflet describes the use of barley straw. If other straws are used, it is likely that the quantities applied and frequency of application may have to be increased. A wide range of barley straw varieties have been tested, including some grown organically and they all produced similar levels of anti-algal activity. Hay and green plant materials should not be used because they can release nutrients which may increase algal growth. Also they rot very rapidly and may cause deoxygenation of the water.

#### SPEED OF EFFECT

Once the straw has become active, the time taken for control to become effective varies with the type of alga. Small, unicellular species which make the water appear green and turbid, usually disappear within 6-8 weeks of straw application. The larger filamentous algae, often known as blanket weeds, can survive for longer periods and may not be controlled adequately in the first season if the straw is added too late in the growing season when algal growth is dense. It is, therefore, preferable to add the straw very early in the spring before algal growth starts.

#### PRODUCTION OF ANTI-ALGAL ACTIVITY

Activity is only produced if the straw is rotting in well aerated conditions. Usually, there is adequate dissolved oxygen in water to ensure that the right decomposition products are produced by straw. However, if the straw is applied in large compact masses such as bales, or to very sheltered and isolated areas of water, there will be insufficient water movement through the straw, which will progressively become anaerobic (without oxygen).

Under these conditions, only the surface layers of the straw will produce the chemical and so the majority of the straw will have no useful effect. In addition, anaerobic decomposition can produce chemicals which actually



stimulate the growth of algae because the algae can use them as a source of carbon.

#### ABSORPTION AND INACTIVATION OF THE CHEMICAL

Products released from decomposing straw are very quickly absorbed by algae and are probably inactivated by mud. Therefore, in waters which have high algal populations and are turbid with suspended mud, it is necessary to add at least double the recommended quantities of straw than in clear waters.

#### SELECTIVE EFFECT ON ALGAE

Decomposing straw does not have any effect on higher plants. In our experiments, we have seen that the suppression of dense algal growth has allowed flowering plants (macrophytes) to recolonise waters which were previously dominated by algae. In several shallow lakes where straw was used, algae were replaced by higher plants which suppressed the subsequent growth of algae, so eliminating the need for further straw treatments.

#### EFFECTS ON INVERTEBRATE ANIMALS AND FISH

There are no reports of harmful effects on invertebrates or fish except in a few instances where excessive amounts of straw were applied to small ponds and the water became deoxygenated. These excessive doses were at least 100 times the doses recommended in this leaflet. In most instances, invertebrate populations increase substantially around the straw so providing a useful food source for fish. There is anecdotal evidence that, in fish farms and fisheries, straw treatments may be associated with improved gill function and fish health and vigour.

#### HOW MUCH STRAW DO I NEED?

**In ponds, lakes and other still water bodies.** We have found that the most important measurement in calculating the quantity of straw required is the surface area of the water. Surprisingly, the volume of the water does not appear to affect the performance of the straw as might be expected. This is because the majority of algal growth takes place in the surface layers of the water and so it is not necessary to measure the depth of the water or volume of the lake when calculating the quantity of straw required.

In still waters, the initial dose rate of straw should be between 25 and 50 grams straw per square metre of water surface ( $\text{gm}^{-2}$ ). The next dose rate should be about half the initial rate, or about 25  $\text{gm}^{-2}$ . Once the algal problem has been reduced, further additions of straw should be made to prevent a recurrence of the problem. At this stage the dose can be reduced to the maintenance dose rate of 10  $\text{gm}^{-2}$ . On a hectare basis the dose rates are: initial 500  $\text{kg ha}^{-1}$ ; subsequent 250  $\text{kg ha}^{-1}$  and maintenance 100  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### Conversion factors -

50  $\text{gm}^{-2}$  is equivalent to 2 ounces per square yard  
 25  $\text{gm}^{-2}$  is equivalent to about 1 ounce per square yard  
 10  $\text{gm}^{-2}$  is equivalent to half an ounce per square yard  
 100  $\text{kg ha}^{-1}$  is equivalent to 90 lbs per acre

In turbid or muddy waters, it will always be necessary to add more straw than in clear, mud-free waters. It is clear from numerous trials in different types of water body that the quantity of straw needed can vary considerably and it is better to apply too much initially and then to reduce the quantity gradually each time straw is added until the dose has been reduced to 10g  $\text{m}^{-2}$  or until algal growth starts to increase again when the dose should be increased to a previously effective level.

There is a dose rate level at which straw could cause problems by deoxygenating the water. This is caused by absorption of oxygen from the water by respiration of micro-organisms colonising the straw and by the chemical oxygen demand of the rotting process. However, barley straw decomposes slowly and the oxygen demand of micro-organisms is unlikely to cause any problems unless excessive amounts of straw (more than 500  $\text{gm}^{-2}$ ) are applied.

Deoxygenation can occur as the result of natural processes especially in prolonged hot weather when the solubility of oxygen in water is reduced and biological oxygen demand increased. This deoxygenation is often caused by algal blooms and so the presence of straw, which prevents the formation of these blooms, can reduce the risk of deoxygenation. However, straw should not be applied during prolonged periods of hot weather to waters containing dense algal blooms as the combined oxygen demand from the algal bloom and the straw could temporarily increase the risk of deoxygenation which may lead to loss of some fish.

The spacing of nets does not need to be exact. Practical considerations may influence the number of nets and their local placement. For example, it may be necessary to leave a wider corridor between some sets of nets to allow for adequate boat passage or angling purposes. Where possible any enlarged gaps between straw nets should be compensated for by decreasing the gaps between adjacent nets. If there are any inflowing streams, it is advisable to increase the number of nets near the inlet so that water flows through the straw and distributes the chemical into the lake. It is possible to compensate for this local concentration of straw nets near the inlet by reducing the numbers of nets near any outlet as the chemical released from these may be washed out of the lake.

In an irregularly shaped water body, the preferred place for some of the nets is opposite any promontories or points where the nets will be exposed to maximum wind and wave action. The remainder should be spaced between these, using the method of calculating the gaps shown above.

**In flowing waters such as streams and rivers.** We do not yet have sufficient information on the properties of straw to express a quantity of straw required in relation to the surface area or volume of water flowing down the stream. However, straw has been used effectively in these situations by placing quantities of straw at intervals along either bank of the river. The distance between straw masses has usually been between 30-50m and the size of each straw mass was chosen, for convenience, as about one bale (20kg).

Another technique has been used to increase flow, scouring out the bottom of the river creating fish feeding zones and controlling algae downstream. Gabions (wire mesh cages) are secured to the river bank and bottom and straw is placed in the gabions. This technique can be seen in the River Pang in the picture above. There is evidence of algal control from the upstream end of the gabions, this effect lasted for about 50 m downstream of the gabion.

The risk of causing deoxygenation in flowing waters is very small as the continuous supply of fresh oxygenated water will prevent any local deoxygenation around the straw.



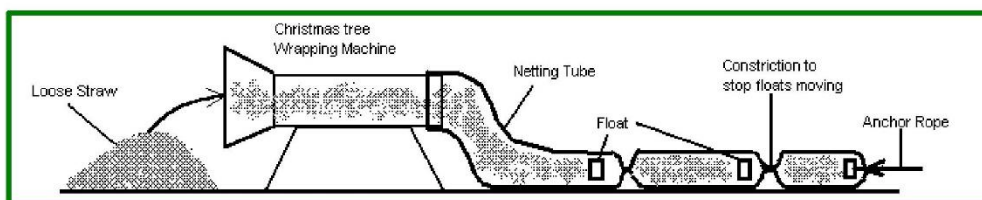
#### HOW TO APPLY STRAW

The best way of applying straw varies with the size and type of water body. Suggestions as to the most appropriate methods for different types of water body are given below.



**Fast flowing rivers and streams.** Straw can be applied in the form of bales because the flow of water will keep oxygen levels high enough to prevent the straw from becoming anaerobic. Only small bales (approximately 20kg) should be used. Bales can break up under the forces produced by fast flowing water and they should normally be wrapped with netting or chicken wire and securely anchored to the bank or posts driven into the river bed. Another way of applying straw which has worked effectively in flowing water is to place the straw in gabions (see above). These are wire mesh boxes (usually filled with stone for bank protection) but they work equally effectively as cages for straw. They have the additional advantage that they can be refilled as the straw rots away. Nets and loose woven sacks (e.g. vegetable storage sacks) filled with straw can also be used. In all instances, it is essential to ensure that the straw container is well anchored to the bank or to stakes in the bottom which will hold it in place during periods of high flow.

**Slow flowing rivers.** Straw should be applied in a loose form, either in gabions or as straw sausages. This increases the diffusion of oxygen to the site of decomposition and speeds up the process in this type of environment.



**Garden Ponds:** In still or very slow flowing water, bales should not normally be used as they are too tightly packed and do not allow adequate water movement through the straw. It is preferable to apply the straw in a loose form retained in some form of netting or cage.

In small garden ponds where only a few grams of straw are needed, the straw can be put into a net bag, nylon stocking or simply tied into a bundle with string. This can be attached to an anchor made of a stone or brick and dropped into the pond. However, as the straw becomes waterlogged, the net will gradually sink to the bottom. In this position, it will not work as effectively as it does near the surface and it is advisable to include some form of float in the net. Floats can be made of corks, polystyrene or small plastic bottles with well-fitting screw tops. Once the straw has rotted, the net, complete with float and anchor can be removed and used again.

Some garden centres supply small packets of straw for use in ponds. They will work best if anchored and attached to a float as described above. See list of manufacturers at end of the document.

**Large ponds, lakes and reservoirs:** where larger quantities of straw are needed, bales should be broken up on the bank and the loose straw wrapped in some form of netting or wire. One of the simpler ways of wrapping large quantities of loose straw is to use one of the various forms of tubular netting normally sold for wrapping Christmas trees, constructing onion sacks and for other agricultural purposes. When used in conjunction with a tree wrapping machine they can be used to construct straw sausages which can be made up to about 20m long and contain some 50kg of straw. The length and size of each sausage is determined by the size and shape of the water body (described later). It is advisable to incorporate some floats within the netting to keep the straw near the surface when it becomes waterlogged. When first constructed, these sausages float well and can be towed behind a boat to the required position and anchored by rope to concrete blocks or sacks of gravel. It is preferable to anchor these straw sausages at only one end so that they can swing round to offer minimum resistance to wind or currents. Straw sausages can interfere with angling and boat traffic and their positioning needs to be carefully considered so as to have the minimum adverse effect on

water users. Floats or buoys can be attached as markers to warn boat traffic or anglers of the position of the straw.

#### WHERE TO APPLY STRAW

It is always preferable to apply several small quantities of straw to a water body rather than one large one. This improves the distribution of the active factors throughout the water body. Straw works best if it is held near to the surface where water movement is greatest. This keeps the straw well oxygenated and helps to distribute the anti-algal chemical. In addition this ensures that the chemical is produced close to where the majority of the algae are growing and away from the bottom mud which will inactivate the chemical. The following aspects should be considered when deciding where to place the straw within a water body.

**Small ponds** In small ponds where only a single net of straw is required, this should be placed in the centre of the pond. However, if there is an incoming flow of water, either as a stream or fountain, the straw net should be placed where there is a continuous flow of water over and through the straw. This will help to keep the straw oxygenated and spread the chemical throughout the pond.

**Lakes and Reservoirs** In any body of still water, it can be assumed that the anti-algal chemical will diffuse outwards in all directions from each net of straw gradually being absorbed by algae and inactivated by mud until the concentration becomes too low to be effective. Beyond this distance, algal growth will continue unchecked and these algae will gradually drift back into the treated areas giving the impression that the straw is not working. In order to ensure that there are no areas within the water body unaffected by the straw, it is necessary to calculate how much straw is needed, how many nets should be employed and how far apart each net should be. Nets or sausages of straw should then be placed so that each net is roughly equidistant from its neighbours and from the bank. The steps involved in this calculation are explained overleaf with an example.

**In rivers and streams** From the point of view of getting maximum benefit from straw, it would be preferable to place the straw as a barrier across the flow of water. However, this is seldom possible because the force of the water would tend to wash the straw away and the straw would impede water



movement and boat traffic. Therefore, bales, straw nets or gabions should either be placed opposite each other in pairs or alternately along both banks. In fast flowing streams where there is little mud to absorb the chemical, the space between straw nets can be as much as 100 m (50 m if placed alternately) but in slow-flowing muddy watercourses, this space should be reduced to no more than 30 m. In very narrow streams, it may be necessary to place the straw close to the bank so as not to impede flow but in larger watercourses the straw should be as far out from the bank as possible. This makes it less subject to vandalism and damage from livestock and ensures that there is a good flow of water around and through the straw. Always ensure that the straw is well secured to the

bank or to stakes in the bottom so that it does not get washed away during floods. It is usually necessary to consult the local water authority before applying straw to flowing water because they have the responsibility of ensuring that there is no danger to water supplies or other riparian users caused by partial obstruction to the flow



Table 1. Method for estimating amount of straw required.

Decision Step	Calculated example
Estimate the surface area of the lake	1.5ha (15,000 m <sup>2</sup> )
Decide on the dose rate of straw required.	25 g/m <sup>2</sup>
Multiply the area of the lake (in m <sup>2</sup> ) by the quantity of straw required per m <sup>2</sup>	15,000 x 25 = 375,000 g 375,000 ÷ 1000 = 375 kg
To obtain the number of bales needed, divide the total weight of straw by the weight of bales. Weights of bales should be checked.	375 ÷ 20 = 19 small bales
Decide on the weight of straw to be placed in each net. Nets should normally contain between 1kg (in small ponds and lakes) to 40kg (in very large lakes).	25 kg
Calculate the number of nets which will have to be constructed. Divide the total quantity of straw required by the weight in each net.	375 ÷ 25 kg = 15 nets
Calculate the area which will be treated by each net at the dose rate	25kg @ 25g/m <sup>2</sup> = 1,000 m <sup>2</sup>
Calculate the radius of a circle with an area of the size calculated in 6 (above) using $\pi r^2$ .	$\pi r^2 = 1,000$ $r = \sqrt{1,000 \div \pi}$ $r = 17.85$ m
The diameter of a circle of 1,000 m <sup>2</sup> is $r \times 2$	diameter = 35.7 m
Decide on the most appropriate placement of the nets of straw in the lake so that each one is approximately 35m from its neighbour and 17m from the bank.	Usually a regular square grid pattern with centres at 35 m

**Marine situations** There has been very little research with straw in seawater and any treatments in these conditions should be regarded as experimental. Results from a very limited number of trials in salt water lagoons and artificial pools suggest that straw can work in salt as well as fresh water. However, it is very unlikely that it would have any effect on the large marine algae normally found on rocky shores or on kelp beds in the seas because of the problems of short persistence time and exposure. It is also unlikely that sufficient straw could be placed and held for long periods in the open sea.

#### WHEN TO APPLY STRAW

Although straw can be applied at any time of year, it is much more effective if applied before algal growth begins. This is because the anti-algal agents released by the straw are more effective in preventing algal growth than in killing algae already present. Therefore, straw is best applied in the spring and autumn, when water temperatures are low. The straw will become active within a month and will continue to inhibit algal growth for about 6 months. However, rapid algal growth can take place once the straw has rotted away and so further applications should be made every 4 to 6 months.

It is important to note that the rate at which straw rots varies considerably and regular observations should be kept on the straw so that fresh straw can be added before the end of the 6 month period if necessary. It is not always possible to predict that an algal problem will occur and so it is sometimes necessary to treat an algal problem which has already developed. Some algae, mainly the small unicellular species and the cyanobacteria (blue-green algae), can be controlled by adding straw to existing blooms.

The time taken for the algae to be controlled depends on a number of factors, of which water temperature is probably the most important. At water temperatures above 20°C straw has been effective in controlling algal blooms within 4-5 weeks, sometimes even faster. Avoid applying straw during prolonged periods of hot weather as the combined effect of the dying algae and the rotting straw may increase the risk of deoxygenation. At lower temperatures, the process is slower and it may take 8 - 10 weeks to control the algae but the risk of deoxygenation is then minimal. An advantage of lower temperatures is that the straw lasts longer too. In the north of Scotland straw has given good control for between 8 and 10 months, whereas in the south of England control usually lasts no longer than 6 months. This may also be related to the different nutrient concentrations in these two environments, with much higher dissolved nutrients being more often found in southern England.

When filamentous algae are the main problem, straw applied to dense floating mats will have very little useful effect unless combined with other treatments which will be described later. After the initial straw treatment, further additions will be required to prevent the return of the algae. Although a period of 6 months is suggested as the likely interval between straw applications, more frequent treatments may be necessary. It is inadvisable to wait until all the straw has rotted before making a second application as there will then be an interval when no chemical is being produced and rapid algal growth can take place. For the same reason, the old straw should not be removed for at least one month after the addition of the new straw. This allows time for the new straw to become active.

#### INTEGRATED AQUATIC WEED CONTROL

Filamentous algae are not easily controlled by straw once they have formed floating mats. However, they can be controlled by other methods. In some situations, filamentous algae can be raked out. However, many fragments will remain in the water and rapid regrowth is likely. To prevent this straw should be added about one month before the alga is raked out.

In other situations, herbicides (diquat or terbutryn) have been used in combination with straw. The herbicides control the algae but their effects may not persist for long once the herbicide has decayed or been otherwise dissipated from the water. By adding straw at the same time, or soon after the herbicide has been applied and maintaining a straw treatment regime as outlined above, the straw helps to prevent the return of the algae.

#### OTHER EFFECTS OF STRAW

During the numerous field trials in which straw has been applied in a number of forms and in a range of water bodies, various effects in addition to the control of algae have been noted. While these have not been investigated in any detail, they have occurred sufficiently frequently to be worth noting as possible consequences of using straw.

**Effects on other aquatic plants.** No direct effect of straw on aquatic vascular plants has been found in either laboratory or field experiments. However, in several trials where straw has successfully controlled algae, there has been a noticeable increase in the growth of submerged vascular plants. It is likely that this is a result of the loss of competition from the algae, which has allowed the vascular plants to recolonise water in which previously they were unable to compete with the algae. In some instances, the recovery of the vascular plants has been so marked that they, in turn, caused problems to water users and required some form of management. However, they are generally easier to control and less troublesome than the algae and so are more acceptable in most waters. In some instances, the recovery of the vascular plants has been so strong that they replaced the algal growth as the dominant plant form so that subsequent treatment with straw was no longer needed.

**Effects on invertebrates** It has been observed frequently that loose masses of well oxygenated

straw provide a good habitat for aquatic invertebrates such as the Water Shrimp (*Gammarus spp.*). These invertebrates, mostly detrital feeders, breed and grow rapidly in the safe environment created by the straw and their numbers can increase by several orders of magnitude within a few months. As the straw gradually rots away and the numbers of invertebrates increases, individuals leave the safety of the straw and become prey to fish and waterfowl. Invertebrates are beneficial to water bodies as they help to decompose organic matter in the bottom; some of them graze on algae and aquatic plants and they form an important part of the food chain.

**Effects on fish and waterfowl** There have been a number of observations of improved growth, vigour and health of fish in waters treated by straw. One reason for this is likely to be the increased food supply in the form of invertebrate animals. Fish may also find it easier to find food in water that is not densely colonised by unicellular or filamentous algae. However, another possible explanation is that, by controlling the algae, the straw allows better light penetration to occur to deeper levels in the water so that photosynthesis can occur in a greater volume of the water body and so provide an improved environment for the fish. The Game Conservancy has also noted that young ducklings require a diet that consists mainly of invertebrate animals. They found that adding straw to gravel pits significantly increased the survival of young ducklings.

In a number of water bodies, ducks and other waterfowl have been observed to nest and roost on floating masses of straw. This has been particularly beneficial to these birds in waters subject to high levels of human interference and terrestrial predators as the floating straw masses are usually inaccessible from the bank.

There have been a number of anecdotal reports that incidents of some fish diseases and parasites appear to have been reduced in fisheries and fish farms in which straw has been used.

**Effects of straw in flowing waters** When straw has been applied in flowing waters, either in the form of bales or in gabions, it has been noted that water is deflected around the straw and the accelerated flow caused silt and fine gravel to be washed away from the vicinity of the straw. In a small stream which had a very uniform depth, pairs of gabions containing straw were placed opposite each other and angled downstream so as to create a rapid flow between them. This caused the gravelly bed of the stream to wash out and so scour holes were formed. These were immediately colonised by trout which were the dominant fish species. The overall effect created by three pairs of gabions placed at approximately 100 m intervals was to create a pool and riffle environment which is usually considered to be preferable to a uniform channel for fish and aquatic life generally. In small streams, it is likely that careful placement of straw bales or gabions could be used to manipulate the location of silt deposits ensuring that an open channel is maintained and that silt beds are allowed to develop only in acceptable locations.



## SUMMARY

When algal problems occur in water bodies ranging from garden ponds to large reservoirs, lakes and rivers, barley straw offers an environmentally acceptable and cost-effective form of control.

Straw should be applied twice each year, preferably in early spring before algal growth starts and in autumn.

Particularly in static waters, the straw should be loose, through which water can pass easily and should be held in nets, cages or bags.

The minimum effective quantity of barley straw in still or very slow flowing water is about 10 g m<sup>-2</sup> but higher doses of up to 50 g m<sup>-2</sup> should be used initially in densely infested waters and muddy waters. Doses should be reduced to 25 then 10 g m<sup>-2</sup>.

In rivers, masses of straw (bales or nets) should be spaced along the sides at intervals not more than 100m apart.

Straw should be supported by floats so that it does not sink to more than one metre below the surface, even when waterlogged.

If the straw starts to smell then it is not working and should be removed. This is caused by too much straw in too little water.

Be patient, this is a natural process which takes time to work!



## LIST OF SUPPLIERS

### Christmas Tree Wrapping Machines

#### **Contimex Ltd**

PO Box 94, Uckfield, East Sussex, TN22 5YZ  
Tel: 01825 766135. Fax: 01825 760144

#### **Netlon UK Ltd**

Unit 3, Falconer Road, Haverhill, Suffolk, CB9 7XU  
Tel: 01440 702394  
L34 Loader

### Plastic Mesh Tubing and Plastic Floats

#### **Waterland Management Ltd**

14 Buxton Avenue, Caversham, Reading, RG4 7BU  
Tel: 0118 9482782, 07889 903203, [www.water-land.co.uk](http://www.water-land.co.uk)

### Straw Pads

#### **Green Ways**

Upper Norton Farm, Sutton Scotney, Nr Winchester, Hants SO21 3QF  
Tel: 01962 761600 Fax: 01962 761696  
E-mail [sales@green-ways.co.uk](mailto:sales@green-ways.co.uk)  
[www.green-ways.co.uk](http://www.green-ways.co.uk)

## LIST OF CHEMICALS PRODUCED BY DECOMPOSING STRAW

Compound name
Acetic acid
3-Methylbutanoic acid
2-Methylbutanoic acid
Hexanoic acid
Heptanoic acid
Octanoic acid
Nonanoic acid
Decanoic acid
Dodecanoic acid
Tetradecanoic acid
Hexadecanoic acid
1-Methylnaphthalene
2-(1,1-Dimethylethyl phenol)
(1,1-Dimethylethyl)-4-methoxyphenol
2,6-Dimethoxy-4-(2-propenyl) phenol
2,3-Dihydrobenzofuron
5,6,7,7A-Tetrahydro-4,4,7A-trimethyl-2 (4H) benzofuranone
1,1,4,4-Tetramethyl-2,6-bis(methylene) cyclohexone
1-Hexacosene
11 unidentified

From : Overall, N.C and Lees, D.R. (1997). *Water Research*, 31(3):614-620

## REFERENCES ON ALGAE AND STRAW

1. Barrett, PRF, Cumow, J & Littlejohn, J (1994) The control of diatom and cyanobacterial blooms in reservoirs using barley straw. Proceedings of Conference - Water 94. Elmia AB, P0 Box 6066, 550 06, Jönköping.
2. Barrett, PRF, Cumow, J & Littlejohn, (1995) The control of diatom and cyanobacterial blooms in reservoirs using barley straw. Proceedings of EWRS Conference, 1994 Dublin. Hydrobiologia, 340:307-311.
3. Barrett, PRF, Cumow, J & Littlejohn, (1994) Potential uses of barley straw for control of algae and other nuisance organisms in water. Proceedings of Conference - Water 94. Elmia AB, P0 Box 6066, 550 06, Jönköping
4. Barrett, PRF (1994) Monograph No. 59: Comparing glasshouse and field pesticide performance pp. 191-200. Field and laboratory experiments on the effects of barley straw on algae. British Crop Protection Council.
5. Barrett, PRF & Newman, JR (1993) The Control of Algae with Barley Straw. Paper 41, PIRA Conference proceedings, Straw – A valuable raw material. 20-22 April, 1993. PIRA International, Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RU.
6. Barrett, PRF & Newman, JR (1992) Algal growth inhibition by rotting barley straw. British Phycological Journal, 27: 83-84
7. Caffrey, J. M. and Monahan, C. (1999) Filamentous algal control using barley straw. Hydrobiologia 415, 315-318.
8. Everall, NC & Lees, DR (1996) The use of barley straw to control general and blue-green algal growth in a Derbyshire Reservoir. Water Research, 30:269-276.
9. Everall, NC & Lees, DR (1997) The identification and significance of chemicals released from decomposing barley straw during reservoir algal control. Water Research, 31:614-620
10. Gibson, MT, Welch, I, Barrett, PRF & Ridge, I (1990). Barley straw as an inhibitor of algal growth: Laboratory studies. Journal of Applied Phycology 2: 241-248.
11. James, H (1992) Investigations into the use of straw to control blue-green algal growth. Foundation for Water Research, Allen House, The Listons, Liston Road, Marlow, Bucks. SL7 1FD, UK
12. Martin D. & Ridge I. (1999) The relative sensitivity of algae to decomposing barley straw. *Journal of Applied Phycology* 11, 285-291.
13. Newman, JR, Barrett, PRF (1993) Control of *Microcystis aeruginosa* by decomposing barley straw. Journal of Aquatic Plant Management, 31: 203-206
14. Newman, JR (1994) Report on the control of growth of *Microcystis aeruginosa* by decomposing barley straw and the development of a bankside straw digester. LACR-Aquatic Weeds Research Unit, Broadmoor Lane, Sonning-on-Thames, Reading RG4 6TH, UK.
15. Newman, JR, Barrett, PRF, Cave, G (1993) The use of Barley Straw to control Algal Growth in Drainage Ditches: An Ecological Survey. Loughborough Conference Paper.
16. Pillinger, JM, Cooper, IA, Ridge, I, & Barrett, PRE (1992) Barley straw as an inhibitor of algal growth III: the role of fungal decomposition. Journal of Applied Phycology 4: 353-355
17. Pillinger, JM, Gilmour, I & Ridge, I (1993) Control of algal growth by lignocellulosic material. FEMS Symposium on Lignin Biodegradation and transformation. Biotechnical Applications, Lisbon. April 18-21. pp. 57-58
18. Pillinger J.M., Cooper J.A., & Ridge I. (1994) Role of phenolic compounds in the antialgal activity of barley straw. *Journal of Chemical Ecology* 20, 1557-1569.
19. Pillinger J.M., Cooper J.A., & Harding C.J. (1996) Stable free radicals from plant litter decomposing in water. *Journal of Chemical Ecology* 22, 1001-1011.
20. Ridge, I & Barrett, PRF (1992) Algal control with barley straw. Aspects of Applied Biology 29. 457-462
21. Welch, I, Barrett, PRF, Gibson, MT & Ridge, I (1990) Barley straw as an inhibitor of algal growth I: studies in the Chesterfield Canal. Journal of Applied Phycology 2: 231-239

## Anexo II – Processo de Planeamento – Factores e considerações

### Processo de Planeamento

Alguns dos parâmetros mais técnicos a observar antes de se passar à fase de desenho do projecto e que devem ser registados num estudo prévio são os que se indicam a seguir:

- os limites da propriedade e as suas dimensões;
- o inventário de todos os edifícios e outras estruturas, como tanques ou fossas existentes entre outros;
- as características naturais do local, nomeadamente encostas, riachos ou outros cursos de água, rochas, etc.;
- as servidões à propriedade ou linhas de protecção;
- os serviços públicos de saneamento ou abastecimento, por forma a não interferir com estes sistemas;
- a topografia do local, a qual vai condicionar a modelação do terreno para implementação da piscina;
- a relação entre a bacia da piscina e a direcção de drenagem do local, pois deve evitar-se as zonas mais baixas de escorrência das águas pluviais;
- os fluxos utilizados na propriedade e quais deverão ser mantidos;
- os usos dos vários espaços e os elementos a preservar;
- a qualidade visual, que incorpora as vistas de dentro e de fora da propriedade, por forma a aproveitar ao máximo a qualidade cénica do local;
- o estudo da ocorrência dos ventos predominantes, por forma a garantir que a zona de natação se situe do lado de onde sopra o vento. Desta forma todas as folhas secas, lixos, etc. são direccionados para a zona de regeneração e retirados do sistema por decomposição);
- o estudo das áreas de sombra, sombreamento parcial ou exposição solar, a diferentes horas do dia e do ano (quanto ao nível de sombra parcial, esta pode ir até aos 30% da área da piscina);
- a vegetação existente (indicando o tamanho de copa e posição do tronco, bem como do impacte no local de implementação da piscina);
- o planeamento da piscina perto de um local com água limpa por forma a ser mais fácil o enchimento da piscina;
- e o cartograma do conceito a implementar no local (*Littlewood, 2005; Santos, 2005; Lecoq, 2014a*).

A posição da piscina também pode tornar a implementação desta algo difícil e com custos mais elevados a longo prazo, aumentando os custos de manutenção (drenagem deficiente, nível da água mais elevado, acessos difíceis, entre outros) (*Littlewood, 2005; Santos, 2005*).

O tamanho da piscina também vai ser influenciado por factores como o espaço disponível no terreno; as características do local como a topografia, condições do solo (que irão ditar a quantidade e o tipo de escavações necessárias); o tipo de uso da piscina - se para exercício, recreio ou outro; o tipo de materiais a utilizar; os custos; bem como a quantidade de trabalhadores necessários para realizar o trabalho (*Littlewood, 2005; Santos, 2005*).



Em termos de profundidade, o valor vai variar consoante o tipo de piscina, se privada se pública, e a utilização destinada das diferentes áreas. Por exemplo, se estivermos a falar de uma piscina privada, a profundidade deverá ter no mínimo 1,20m podendo ir até aos 2m ou mesmo 2,50m; mas se considerarmos a zona de piscina para crianças, a profundidade não deverá ultrapassar os 0,60m. No próximo ponto irá ser apresentada uma tabela com as especificações regulamentares para a profundidade das diversas zonas (*Littlewood*, 2016; FLL, 2013).

Quanto às dimensões da piscina, também aqui se revela um desafio, uma vez que depende do espaço disponível e do tipo de configuração pretendida. Podemos estar a referir-nos a uma piscina quadrada, retangular, circular, ou com forma irregular, ou ainda de piscinas com vários níveis, em que cada uma destas tipologias compreende uma fórmula específica de cálculo (*Littlewood*, 2005). Claro está que também terá de se considerar o tipo de projecto pretendido: se se trata de uma conversão de uma piscina já existente ou se se trata de uma piscina totalmente nova.

### Anexo III – Sequência de Operações a estabelecer antes de início da obra

#### Sequência de Operações

Após a fase de planeamento, entra-se na fase de construção. Não obstante também certas operações deverão ser consideradas antes de se dar início à obra.

Assim, as operações a executar para a construção da piscina, (Littlewood, 2005; Santos, 2005; Lecoq, 2014a) são:

- Remoção da camada superficial do solo para reutilização.
- Escavação do terreno com maquinaria para retirada do sub-solo do local.
- Modelar a forma da piscina à mão se necessário.
- Nivelar e aplanar novamente o solo caso seja necessário.
- Estruturar o local de instalação do descarregador de fundo e da respectiva tubagem, bem como da tubagem de drenagem das águas de escoamento (chuvas, percolação, etc) para não entrarem no sistema.
- Construção das paredes de contenção com o material selecionado (se forem de betão terão de ser feitas antes da colocação do geotêxtil e da tela, se for pedras, madeira ou outros pode ser após a colocação destes materiais).
- Colocar o geotêxtil.
- Colocar a tela impermeabilizante e respectivas soldaduras.
- Construção do sistema de drenagem externo.
- Construção do sistema de drenagem interno.
- Construção da câmara para a bomba.
- Instalação da bomba.
- Instalação do sistema de recirculação de água.
- Instalação dos *skimmers* e filtros.
- Colocação do substrato no local pretendido.
- Construção dos decks, escadas, degraus ou outros na zona de natação.
- Plantação das espécies vegetais selecionadas na zona de regeneração.
- Enchimento da piscina com água.
- Teste ao sistema.
- Realizar os certos finais na envolvente da piscina (no remate e na bordadura, áreas de relvado ou de actividades)
- E no caso de piscinas públicas proceder à construção do estacionamento, das instalações sanitárias, dos nadadores-salvadores, enfermaria e dos balneários.

## Anexo IV - Parâmetros Construtivos

### Parâmetros construtivos

Nesta fase, existem alguns parâmetros a observar aquando da construção de uma piscina natural.

Em termos das condições para o **fundo** da piscina estas deverão ser adequadas consoante a zona. Para o caso da zona para não nadadores e a das crianças o fundo tem de ser antiderrapante. Já a inclinação do fundo não deverá exceder os 30 ° para qualquer dos casos (FLL, 2013) ou os 10% (Santos, 2005). O fundo também deverá ser construído de forma a permitir uma limpeza fácil pelos equipamentos adequados para o efeito.

Relativamente às **entradas e saídas** para o exterior da piscina, deverão ser em número adequado para garantir um bom uso pelos banhistas e devem igualmente ser acessíveis às pessoas com deficiência. Podem ser escadas, rampas, degraus, ou praias, mas deverão ser construídas para serem seguras para andar sobre elas (FLL, 2013).

Ainda segundo a FLL (2013), os **decks** devem ter 2,5m de distância e as madeiras não devem distar mais do que 8mm. Devem ser escolhidas madeiras com resistência adequada à exposição exterior e também ter propriedades antiderrapantes mesmo após a limpeza. Devem igualmente ter barreiras para impedir que alguém nada por baixo deles (FLL, 2013).

As **paredes e o fundo** do tanque de natação e de separação entre zonas podem ser compostas por diversos materiais consoante o gosto dos clientes, dos materiais existentes na região e do orçamento disponível para a obra. No caso do tanque de natação pode-se modelar/construir o fundo e as “paredes” do terreno em betão ou simplesmente compactado com diferentes níveis (pequenos “degraus” ou “patamares” com o cobertor inclinado para o lado da “parede” escavada a fim de poderem ser utilizados para a colocação de contentores de plantas aquáticas e/ou sacos de carvão activado<sup>9</sup>) para formar a bacia da piscina. No caso do betão, este pode ser feito no local (betão *in situ*) ou então utilizar-se blocos para compor a estrutura. Também podem ser utilizados blocos de pedra para compor a estrutura da parede, mas neste caso terá de ser escolhida um tipo de pedra que não altere o pH da água (como o calcário) ou que não tenha cortes afiados (como o granito, por exemplo), e a parede pode ser feita sobre a tela desde que se garanta a integridade desta. Também podem ser utilizados barrotes de madeira, sacos de geotêxtil e areia, porém para o caso de piscinas de uso público o mais comum é ser utilizado o cimento ou blocos de pedra consoante o tamanho da piscina (Santos, 2005; FLL, 2013; Lecoq, 2014a; Littlewood, 2016).

Relativamente aos **substratos** a utilizar neste tipo de piscinas deverão ser pobres em nutrientes. Assim sendo, deverá ser utilizada areia grossa (ou areão fino) a fim de garantir um suporte para as plantas e permitir a passagem dos nutrientes da água para ser absorvido pelas plantas (Santos, 2005; Lecoq, 2014a). Deve, no entanto, ser colocada sobre outra camada de geotêxtil para maior protecção da tela na zona de regeneração. Nas margens podem ser utilizados blocos de pedra de dimensões

---

<sup>9</sup> O carvão activado vai ser utilizado para remover do meio gases e outras substâncias provenientes da decomposição dos restos de plantas e animais.

superiores por forma a servirem de dissipadores de energia causada pelos movimentos da água e evitar a erosão da margem (Lecoq, 2014a).

No caso de a piscina ser destinada ao uso para actividades de competição, a área de natação tem de obedecer a regras específicas para estes fins de acordo com o estabelecido pelas autoridades competentes. As dimensões parametrizadas para este tipo de piscinas são de 50m de comprimento e 25m de largura para um número de 8 pistas. A largura de cada pista situa-se nos 2,5m (FLL, 2013; Portal da Construção, 2018). As estruturas para mergulho deverão estar construídas de modo a não interferirem com os restantes banhistas e deverão estar viradas a norte para evitar encandeamento dos mergulhadores (FLL, 2013).

#### Pontos de inspecção e recolha de amostras

Outro parâmetro de relevância, de acordo com as indicações da FLL (2013), são as instalações de pontos de acesso por forma a facilitar a recolha de amostras para análise da água.

Por este motivo a FLL recomenda que os pontos de acesso (Figura 1) deverão estar nos seguintes locais:

- I. Água Pura - entre a saída de água proveniente das filtragens (após passar por todo o ciclo de filtragens) e a entrada para a zona de natação.
- II. Água não tratada - entre a saída da zona de natação e a entrada para a zona de filtragem.
- III. Água de enchimento – antes e depois de qualquer filtração adicional, antes de ser introduzida no circuito de água pura.

Adicionalmente deverão ser instalados medidores de fluxo em vários pontos, mas fundamentalmente na entrada do fluxo de água pura (após filtração e antes de ser canalizada para a zona de natação).

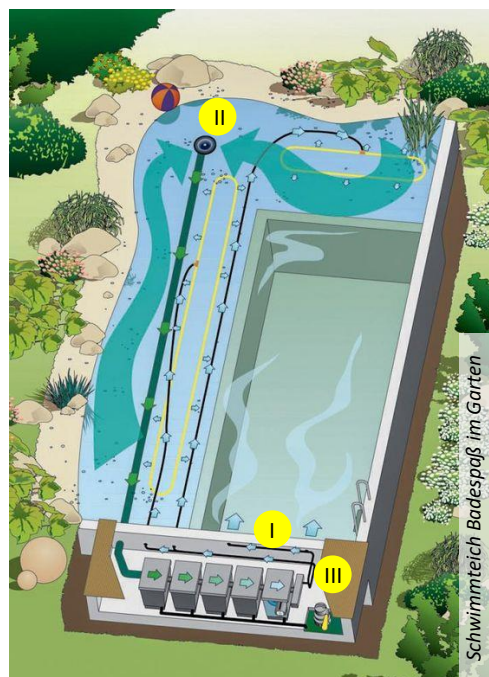


Figura 1 - Esquema do circuito da água pelos vários processos e indicação dos pontos de acesso para medições (SUCHER & SYREN, 2018).



*Anexo V – Compilação de plantas a utilizar na zona de regeneração (RHS, 1997; RHS, 2013; Flora-On, 2018).*

Espécie	Nome comum	Altura (cm)	Profundidade (cm)	Características	Modo de acção	Regime
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Tanchagem-aquática	40-80	5-40	Emergente Folha elíptica, verde clara, delicada Flor rosa claro, em panícula, de Julho a Setembro Rizoma	Planta de reposição Interesse ornamental	Perene
<i>Anagallis tenella</i>		10-15	0-5	Flor de Maio a Setembro Folhas opostas, arredondadas Rizoma	Interesse ornamental	Anual
<i>Bidens frondosa</i>	Erva-rapa	30-70	0-10	Erva glabrescente	Planta de reposição Interesse ornamental	Anual
<i>Bidens tripartita</i>		20-60	0-10	Erva glabra	Planta de reposição Interesse ornamental	Anual
<i>Butomus umbellatus</i>	Butomo; Junco-florido	<150	0-30	Pouco dominante Flor rosa, Julho – Agosto Rizoma rastejante	Planta de reposição Interesse ornamental	Vivaz
<i>Caltha palustris</i>	Calta, Malmequerdos-brejos	20-40	0-10	Flor amarela, densa, de Março a Maio	Aspecto decorativo Flor com interesse ornamental Planta de reposição	Vivaz
<i>Calystegia sepium</i>	Bons-dias Campainhas-brancas, Trepadeira			Trepadeira	Interesse ornamental	Vivaz
<i>Carex</i> spp.		40-120	0-10	Emergente Rizoma rastejante	Planta de reposição	Vivaz
<i>Cirsium palustre</i>	Cardo-palustre	30-120	0-10	Espinhos na margem das folhas		Vivaz
<i>Cladium mariscus</i>		60-200	0-10	Rizoma espesso rastejante		Vivaz
<i>Cyperus</i> spp.		40-120	0-30	Emergente Fruto castanho-escuro Rizoma rastejante	Planta de reposição	Vivaz
<i>Eleocharis</i> spp.		10-50	0-10	Emergente Rizoma rastejante	Planta de reposição	Anual ou Vivaz, consoante a espécie
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Junça-do-algodão	20-50	0-10	Rizoma rastejante	Planta de reposição Interesse ornamental	Vivaz
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Eupatório, Trevo-cervino	40-100	0-5		Planta de reposição	Vivaz
<i>Euphorbia</i> spp.			0-30		Na maioria dos casos sem interesse ornamental	
<i>Glyceria declinata</i>	Azevém baboso	10-45	0-10	Folhas inferiores flutuantes	Planta de reposição	Vivaz
<i>Hippuris vulgaris</i>		< 60	0-30	Emergente Rizoma rastejante	Planta de reposição Interesse decorativo	Perene
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>		< 20	0-30	Caule flutuante e folhas submersas Flor branca Julho a Agosto	Interesse ornamental Oxigenação	Vivaz

<i>Hydrocotyle vulgaris</i>		70-120	0-30	Planta rastejante Rizoma		Vivaz
<i>Hypericum</i> spp.			0-30	Pétala amarela		Vivaz
<i>Iris pseudacorus</i>	Lírio-amarelo	50-100	0-30	Emergente Folha em forma de espada Flor amarela, Maio – Junho Compatível com sombra, mas prefere sol Rizoma tuberoso	Interesse ornamental Bom crescimento regenerativo Planta de reposição	Vivaz
<i>Juncus</i> spp.	Junco	40-80	0-10	Emergente Flor castanha em Julho – Agosto Folha cilíndrica Rizoma rastejante	Planta de reposição	Vivaz
<i>Lemna minor</i>	Lentilha-de-água			Folha flutuante		
<i>Lobelia urens</i>			0-30	Flor em cacho, com corola azul		Vivaz
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Lisimáquia	10-20	0-10	Flor amarela, Junho – Agosto Rizoma	Planta de reposição	Vivaz
<i>Lythrum salicaria</i>	Salgueirinha	80-120	0-10	Flor rosa forte Floração Junho a Julho	Planta de reposição, Interesse ornamental	Vivaz
<i>Mentha</i> spp.			0-10	Muito odorífera Flor lilás, branca ou rosada, de Junho - Setembro	Planta de reposição, aromática	Vivaz
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Trevo-de-água, fava-de-água	20-30	5-20	Flor branca, Floração Maio - Julho, Rizoma		Vivaz
<i>Myosotis</i> spp.		20-30	0— 10	Pode tolerar períodos de sombra Flor azul, de Maio a Julho	Planta de reposição	Vivaz
<i>Nuphar luteum</i>	Gólfão-branco	10-20	80-200	Folha flutuante Flor amarela Rizoma grosso,	Sombra Interesse ornamental	Vivaz
<i>Nymphae alba</i>	Gólfão-amarelo	10-20	80-200	Folha flutuante Flor branca de Abril a Outubro	Sombra Flor com interesse ornamental	Vivaz
<i>Nymphoides peltata</i>	Gólfão-pequeno	10-15	80-200	Flor amarela durante todo o Verão, Folha flutuante	Sombra Flor com interesse ornamental	Vivaz
<i>Oenanthe</i> spp.		20-100			Flor com interesse ornamental	Vivaz
<i>Phalaris</i> spp.		10-20		Rizoma rastejante		Vivaz
<i>Phragmites australis</i>	Caníço	200-300	0-30	Com pouco vento tem uma sonoridade que pode ser agradável Tolera sombra Rizoma comprido, rastejante,	Planta de reposição Excelente enriquecimento da água com oxigénio Planta de reposição	Vivaz
<i>Polygonum amphibium</i>		30-100	> 50	Flor encarnada, Junho a Julho Caule ascendente ou flutuante Folha flutuante Rizoma rastejante	Planta de reposição	Vivaz
<i>Rhynchospora</i> spp.		20-60	0-10	Rizoma rastejante		Vivaz
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	Agrião			Folha flutuante	Sombra	Vivaz

<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Sagitária		0-30	Flor branca com estames castanhos Floração de Junho a Agosto Folhas submersas direitas e folhas flutuantes em forma de seta,	Aspecto decorativo Planta de reposição	Vivaz
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Bunho	< 100	0-10	Emergente Flor castanha, no Verão Sem interesse ornamental	Bom removedor de nutrientes, com grande produção de biomassa Enriquecimento com O2 As raízes podem entupir o filtro da bacia Adaptável a qualquer tipo de água	Vivaz
<i>Sparganium erectum</i>	Espadana-de-água	15-60	0-30	Planta erecta, mais ou menos emersa Folhas lineares Flor branca de Julho a Agosto	Interesse ornamental Enriquecimento com O2	Vivaz
<i>Teucrium scordium</i>	Escório	10-40	0-10	Cor verde acinzentada		Vivaz
<i>Typha</i> spp.	Tabúa	100-200	10-100	Emergente Fruto castanho, no verão Rizoma	Planta de reposição	
<i>Veronica becabunga</i>		20-50	0-10	Flor azul clara	Planta de reposição	Vivaz

## Anexo VI – Manutenção de uma Piscina Ecológica

### Inspecções

As **inspecções** vão ter como objectivo determinar e avaliar o estado actual da piscina ecológica, e incluem testes, medições e avaliações de todas as estruturas e dispositivos técnicos da piscina. Existem, contudo, determinados parâmetros que são particularmente importantes para serem inspecionados, como:

- “a estabilidade das ilhas e paredes da piscina;
- o funcionamento adequado da barreira de capilaridade;
- a perda de água fora do normal, por exemplo, por barreira capilar inadequada ou por fuga por outros meios;
- a determinação das deformações ou destruições mecânicas, térmicas ou fotoquímicas;
- a condição da tela, existência de tensões, protuberâncias por alguma pedra angular ou algum tipo de rasgão;
- a estabilidade de carga quando as telas de revestimento empregues não utilizaram qualquer agente de ligação;
- a condição apropriada dos cantos no que respeita à permeação (especialmente se forem utilizadas telas de polímeros);
- o crescimento de algas;
- o desenvolvimento da vegetação (por exemplo, crescimento desmesurado de algumas espécies em detrimento de outras que acabam por desaparecerem, ou deficiências da vegetação por falta de nutrientes);
- Stock de peixes;
- Infestação de pragas, caracóis, ou de outros” (in FLL, 2013).

Deverão ser efectuados testes, quanto ao Fósforo total ( $F_{total}$ ), na água de enchimento (utilizada para compensar perdas) antes da época balnear e depois uma vez por mês, e desde que a água venha de abastecimento municipal. Caso contrário deverão ser efectuados os testes todos com excepção do da *Leggionella*. As amostras para este efeito deverão ser recolhidas no ponto de acosso III, referente à água de enchimento.

A análise da água é outro dos parâmetros de maior relevância e deverá ser tida em consideração os parâmetros de qualidade da água já referenciados no respectivo ponto de “*Parâmetros de Qualidade da Água e Questões de Saúde Pública*”. A recolha de amostras de água deve ser de forma constante e periódica em todos os sistemas - água de enchimento, água pura, água da zona de natação e água sem tratamento.

A água proveniente das zonas de *água não tratada*, *água após as filtrações* e a *água da zona de natação* deverá ser testada para os parâmetros presentes na *Tabela 1 do anexo VI* (FLL, 2013). Estes valores estão dentro dos parâmetros necessários para cumprir com as exigências legais impostas na Alemanha, tanto pela Agência Ambiental Federal, assim como do Departamento de Saúde Pública. Podem ser aceites desvios relativamente aos valores, mas devem estar sempre dentro das recomendações das entidades competentes para cada situação.



Tendo em conta que em Portugal a legislação referente à qualidade das águas balneares só está a abranger as piscinas com tratamento de cloro, fazer uma comparação entre estas e as recomendações da FLL para piscinas ecológicas não seria de todo a melhor das comparações. Como tal apresentam-se as recomendações desta agência para o que é aplicado nas piscinas ecológicas daquele país.

Tabela 1 - Testes regulares à qualidade da água para os vários parâmetros durante a época balnear (in FLL, 2013).

Parâmetro	Frequência	Tempo de realização	Amostragem
Parâmetros Físicos			
Saturação de oxigénio	Diária	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Profundidade de transparência	Constantemente	Durante a supervisão das condições da água	Água da zona de matação
Temperatura da água	3x por dia	Antes da utilização, a meio do dia, e após a utilização	Água da zona de matação
Parâmetros Químicos			
Fósforo Total	Mensal	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Dureza	Mensal	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Nitrato/Amoníaco	Mensal	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Valor pH	Diária	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Capacidade ácida $K_{s\ 4,3}$	Mensal	Antes da utilização	Água da zona de matação Água após filtração
Parâmetros Biológicos			
Fito/Zooplâncton	Mensal	Antes da utilização	Água da zona de matação
Parâmetros microbiológicos sanitários			
<i>Enterococos</i>	Semanal ou a cada dois dias quando se verificar necessário	De acordo com as recomendações das entidades competentes	Água da zona de matação Água após filtração
<i>E. coli</i>			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			
<i>Legionella</i>			Água da zona de matação Água após filtração ou após aquecimento da água da piscina

#### d. Manutenção

As acções de manutenção vão estar dependentes do estado actual da piscina e têm de ter em consideração as instruções dos técnicos e dos manuais do fabricante. Vão recair sobre as partes estruturais e as técnicas, com especial incidência nas “bombas, sistemas de filtragem, sistemas de entrada e saída de água, drenagem de fundo, estruturas como escorregas e margens construídas, componentes feitos de madeira, superfícies que necessitem de tratamento anti-queda, bem como em qualquer outra estrutura que necessite de manutenção” (in FLL, 2013) e incluir limpezas, revisões, calibrações, ou preparação para a época de invernada (FLL, 2013).

Nesta fase de verificação do estado das estruturas se se encontrar alguma falha, esta deverá ser atempadamente reparada.

#### e. Conservação

As acções de conservação da vegetação devem ser efectuadas de acordo com as indicações do arquitecto ou do empreiteiro e servem para garantir a função das plantas na purificação da água.

Neste sentido, e de acordo com as orientações da FLL (2013), para o caso das plantas marginais a conservação pode ocorrer em qualquer altura; porém em caso de condições favoráveis podem ser efectuadas nesse ciclo de vida, ou em caso de condições desfavoráveis, após três ciclos de vida. Já no caso das plantas submersas, a conservação normalmente ocorre durante o ciclo de vida ou após a plantação.

Outras acções serão necessárias em intervalos regulares ou assim que forem detectadas, como recomendadas pela FLL (2013):

##### I. Remoção da zona de natação de:

- |  |   |
|--|---|
| - plantas, peixes, caracóis, algas, folhas ou outros detritos maiores, plantas mortas, | ⇒ assim que forem detectadas ou quando se revele necessário   |
| - areão, saibro, ou lodo   | ⇒ várias vezes por ano e sempre que se verifique necessário tanto na área de regeneração como na de natação |

##### II. Poda na área de regeneração de:

- |   |  |
|---|--|
| - todas as plantas por forma a manter a sua característica natural<br>(com remoção do material cortado) | ⇒ no fim do verão até à primavera, antes do aparecimento dos rebentos, e dependendo das características das espécies |
| - excesso de biomassa e redução de espécies que se multipliquem muito rapidamente                       | ⇒ sempre que necessário  |

##### III. Invernia

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| - acções para prevenir danos nas instalações, circuitos, etc. | ⇒ no fim da época balnear |
|---|---------------------------|

##### IV. Nutrientes

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| - adição de nutrientes específicos para combater deficiências na vegetação em causa | ⇒ sempre que necessário. |
|---|--------------------------|

## Anexo VII – Proposta de regulamento apresentada pelo GIABN

Grupo ibérico de águas de banho naturalizadas (GIABN)



### Directrizes

### para instalações de banho com tratamento biológico

#### 0. Introdução

Os procedimentos naturais para a depuração das águas balneares têm vindo a desenvolver durante os últimos 20 anos. O objectivo deste documento é informar os projectistas, designers, empreiteiros, os utilizadores, os organismos públicos e qualquer um que esteja interessado.

O princípio de tratamento biológico é o mesmo para as instalações públicas e particulares. Em piscinas ou lagos de banho públicos com tratamento biológico as características das necessidades de construção, design e saúde devem ser mais restritivas, a fim de dar garantias suficientes para a situação de uso mais intenso.

Estas orientações referem-se exclusivamente a equipamentos públicos, ou seja a piscinas públicas com tratamento biológico de água.

A falta de legislação nacional aplicável para piscinas com tratamento biológico (vulgo "piscinas biológicas") é responsável para uma falta de base de para o enquadramento jurídico correcto nos processos de licenciamento. Consequentemente, na avaliação dos mesmos, a falta de legislação aplicável liga para procede-los com regras e regulamentos não adequados para o fim. O mesmo vale para a questão da avaliação da qualidade de água de uma piscina com tratamento biológico.

Partindo do princípio que em curto até médio prazo existirão também piscinas com tratamento biológico de uso público no território da Península Ibérica, sinta-se a necessidade de uma definição correcta para o enquadramento legal, bem como métodos para a correcta avaliação da qualidade de água. Consciente desta falta de regulamento, os membros do Grupo Ibérico das Águas Balneares Naturalizadas GIABN, profissionais na área das piscinas com tratamento biológico, elaboraram esta proposta de regulamento para piscinas com tratamento biológico de uso público.

Bases para a Elaboração desta proposta foram os regulamentos, normas e decretos-leis existentes nos países europeus com grande tradição e experiência nas piscinas com tratamento biológico de uso público, como Áustria (OENORM), Alemanha (FLL), França (AFFSET) e Suíça.

## 0.1 Definição

Instalações de banho com tratamento biológico da água são ecossistemas feitos pelo homem, onde a água é purificada apenas por meios biológicos e físicos.

Definição:

Água limpa: a água após o tratamento

A água da piscina: a água na área de natação

Água bruta: água antes do tratamento

Água de enchimento: Água para o primeiro enchimento

## 0.2 Justificativa para as directrizes

As directrizes se entendem como uma guia para aplicar em piscinas públicas com tratamento biológico de água.

Estas orientações foram desenvolvidas através da experiência com as recomendações existentes e os actuais conhecimentos científicos em diferentes países, e são o resultado do consentimento colectivo entre todas as associações membros da Organização Internacional para as águas de Banho naturais (IOB).

Recomenda-se a apresentar essas directrizes para orientar as autoridades dos países ibéricos na implementação de projectos públicos de piscinas com tratamento biológico.

Um dos objectivos destas directrizes é proporcionar a flexibilidade necessária para respeitar as condições climáticas específicas e geográficas na Península Ibérica.

Saúde e segurança são o foco principal dessas orientações.

A intenção das directrizes é estimular e não impedir a inovação.

## 1. Valores-limites

Qualquer sistema que é utilizado deve promover a vida do sistema biológico de tratamento, mas não a destruir.

Instalações balneares com o tratamento biológico de água são ecossistemas artificiais, onde os nutrientes e microrganismos patogénicos são extraídos da água, com a finalidade de produzir uma água apta para fins balneares e de lazer (numa forma duradoura e sustentável).

Além disso, as instalações balneares com o tratamento biológico de água devem procurar respeitar a paisagem e usar técnicas ambientalmente amigáveis.



Instalações balneares com o tratamento biológico da água são regularizadas pelo estado trófico.

A estabilidade do sistema depende essencialmente do seu estado trófico, a teia do complexo de comunidades de vida local e suas cadeias alimentares.

Condições ecológicas precisam ser optimizados através de meios adequados. A qualidade da água deve ser monitorada regularmente. A saúde e a segurança dos utentes têm a primeira prioridade.

### 1.1 Os parâmetros físicos

Recomendamos os seguintes parâmetros físicos na zona balnear, a fim de fornecer as condições óptimas para o ecossistema (Tabela 1):

#### Parâmetros

- A temperatura da água: valores comparáveis, medida em 30 cm de profundidade dos lagos naturais das mesmas latitudes
- Saturação de oxigénio: 80 - 120%
- Visibilidade: até ao fundo

Tabela 1: parâmetros físicos recomendados na zona balnear

Se os parâmetros são ultrapassados ou não alcançados (ver tabela 1), as razões são para serem determinadas e medidas apropriadas para serem tomadas.

### 1.2 Os parâmetros biológicos

Nas instalações de banho com tratamento biológico de água, peixes não devem ser introduzidos. Peixes existentes devem ser removidos. Por razões de higiene e microbiológicas, aves aquáticas, ratos e outros mamíferos (por exemplo, cães) devem ser mantidos longe daquelas instalações balneares. O acesso deve ser impedido através de acções específicas.

Nas instalações de banho com tratamento biológico de água, populações de caracóis devem ser mantidas a um mínimo. Em caso de desenvolvimento em massa, os caracóis devem ser removidos manualmente (porque eles agem como hospedeiro intermediário de cercárias).

O fitoplâncton (algas flutuantes) não deve causar a turbidez da água tanto, que o fundo da bacia torna-se invisível (valor de orientação).

Fitoplâncton deve ser composto principalmente de espécies de algas verdes (*Chlorophyta*), diatomáceas (*Bacillariophyceae*) e *Cryptophyceae*.

As cianobactérias (algas azuis) devem ser apenas espécie companheira.

O zooplâncton representa na sua totalidade uma função vital para a purificação de água, uma vez que remove as bactérias e espécies de fitoplâncton e partículas da água por filtração biogénica e outros processos. A existência de *Cladocera*, *Copepoda*, *Rotatoria*, *Ciliata* e outros grupos de zooplâncton deve ser incentivada pelos meios adequados, uma vez que estes grupos têm a capacidade de filtrar a água de forma muito eficaz em instalações balneares com tratamento biológico de água.

Métodos de ensaio para todos os testes sobre os parâmetros biológicos devem ser especificados. Procedimentos certificados, quando disponíveis, são os preferidos (ver Parte 6).

### 1.3 Parâmetros de higiene

A tabela 2 mostra os valores de referência para os parâmetros higiénico-microbiológicos:

parâmetros	valores de referência
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 100 ml
<i>Enterococcus</i>	UFC/100mL 50
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	UFC/100mL 50

Tab. 2: Valores de referência para água na área de natação

*Escherichia coli* e *Enterococcus* representam organismos indicadores (tabela 2) que normalmente não são patogénicos em si, mas podem indicar a presença de microorganismos patogénicos.

Se valores de referência são ultrapassados, as razões devem ser determinadas e medidas adequadas a serem tomadas (ver Capítulo 4.4, superando valores de referência).

#### 1.4 Os parâmetros químicos

A Tabela 3 mostra os requisitos químicos recomendados para o enchimento de água que pode ser conseguida somente após pré-tratamento. Em princípio, o montante diário de recarga de água não deve ultrapassar 2% do volume da instalação de banho.

parâmetros	valores recomendados
pH	6,0-9,0
Ácido capacidade KS 4,3	> 2 mmol / l
Fósforo total	<0,02 mg / l P
Condutividade	<1000 $\mu$ S / cm (20 ° C)
Nitrato	<50,0 mg / l NO <sub>3</sub>
Amónio	<0,5 mg / l NH <sub>4</sub>
Ferro	<0,2 mg / l Fe
Manganês	<0,1 mg / l Ma
Dureza	> 1 mmol / l

Tab. 3: Requisitos químicos recomendados para água de enchimento

A Tabela 4 mostra os valores químicos recomendados para a área de natação e a água limpa.

Parâmetros	valores recomendados
pH	6,0-8,5 *
Ácido capacidade KS 4,3	> 2,0 mmol / l
Dureza	> 1,0 mmol / l
Fósforo total	< 0,01 mg / l P
Nitrato	<30,0 mg / l NO <sub>3</sub>
Amoníaco	<0,3 mg / l = 0,1 mg / l NH <sub>4</sub>
Condutividade (20 °C)	200-1500 $\mu$ S / cm

Tab. 4: Valores de referência para a água na área de natação e água limpa

Se os valores de referência são excedidos ou não alcançados, as razões devem ser determinadas e medidas adequadas tomadas.

#### 2. Amostragem

Durante a estação balnear o intervalo de amostragem para os parâmetros na tabela 2 e 4 deve ser de 14 dias, se não houve incumprimentos de valores-guia e valores-limite nos 14 dias anteriores.

Se houve incumprimentos de valores-guia e valores-limites durante os 14 dias anteriores, em seguida, a recomendação n ° 4 das orientações são para seguir.

### 3. Parâmetros de purificação

Os parâmetros de purificação como método de avaliação, bem como a escala de avaliação e a unidade de avaliação têm que ser especificados pelo projectista responsável. O mesmo vale para todas as condições gerais que precisam ser atendidas relativamente à construção e manutenção, a fim de garantir um desempenho de purificação duradoura e sustentável.

Isto inclui pormenores, tais como:

1. Especificados e detalhados planos de canalização que definem as dimensões de tubos, canos e especificações de bombas
2. A documentação escrita referente à tubagem, equipamentos técnicos eléctricos, bombas, etc.
3. Aplicação de dispositivos de medição de fluxo ou de pelo menos a designação de uma secção de teste adequado para uma actualização temporária com um dispositivo móvel IDM medição para testar o fluxo de água da água tratada.
4. Livro de gestão e desempenho (documentação da manutenção) com tabelas de documentação destinadas ao controlo diário pelo técnico responsável.

Os testes de desempenho do sistema de depuração deverão ser iniciados 6 semanas após do arranque com a medição de água bruta, água tratada e do fluxo de volume correspondente água simultaneamente.

O requisito mínimo para determinar a eficiência de purificação deve incluir parâmetros como o fósforo total e micro-organismos indicadores.

Recomendado são medidas adicionais de TOC e DOC (carbono total dissolvido e orgânico) em situações de detectar eventuais problemas funcionais do sistema.

O desenvolvimento da vegetação no sistema de tratamento aquático deve ser avaliado e plantas substituídas, caso necessário.

### 4. Incumprimento de valores de referência

Os seguintes passos devem ser tomados quando valores de referência são excedidos.

a) Exceder na área de natação:

Em caso de resultados confirmados acima de valores de referência em vários pontos de amostragem:

→ Repetição do teste para confirmar os resultados.

Em caso de resultados confirmados acima de valores de referência num ponto de amostragem:

→ Chegar a um acordo para este caso singular entre as autoridades de saúde, operadores e projectistas a continuar a utilização da instalação.

Em caso de resultados confirmados acima de valores de referência para



Directrizes para instalações de banho com tratamento biológico

*Pseudomonas* > 50/100 ind/100 ml e  
*E. coli* > 200 ind/100 ml

em vários pontos de amostragem:

Chegar a um acordo entre as autoridades de saúde, operadores e projectistas:

- Limitar o número de visitantes.
- Fechar as instalações balneares.
- Envolvimento de um perito ou projectista a analisar a instalação.

Para múltiplas queixas bacteriológicas:

- Diminuir o tempo de teste.
- Possibilidade de alargar o espectro de análise microbiológica.
- Considerar envolver um perito.

b) no caso de exceder valores de referência na área de água limpa:

- Verifique se há contaminação (fezes).
- Repetição do teste.
- Em caso de permanência superior a resultados de teste:  
 Inspeção das áreas de tratamento, incluindo todos os sistemas conectados e ligados.

c) no caso de exceder em enchimento de água:

- Verifique se há contaminação (fezes).
- Se necessário, altere a fonte de água para o enchimento.

## 5. Especificações de construção

### 5.1 Especificações de construção da piscina, forma, margens

A profundidade, o esvaziamento completo, superfícies anti-derrapantes, obstáculos na bacia de banho e outras definições relacionadas com a construção só devem ser objecto de regulamentação se for exigido por legislação europeia, nacional ou regional.

### 5.2 Especificações de tratamento de água

Os sistemas biológicos de filtragem devem demonstrar a sua inocuidade para o ambiente e os banhistas. Igualmente devem mostrar a sua eficácia.

A taxa de eliminação para tratamento de água deve exigir um log-level.

### 5.3 Especificações operacionais

As especificações operacionais para equipamentos e infra-estruturas, incluindo os parâmetros para o número de chuveiros, vestiários, sanitários, áreas de descanso, entrada, nadador-salvador, etc. só devem ser submetidos a um regulamento onde tal for exigido por legislação europeia, nacional ou regional.

## 6. Anexo: Métodos a serem aplicadas

DIN 38404-4: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Physikalische und physikalischchemische Kenngrößen (Gruppe C) - Teil 4: Bestimmung der Temperatur (C4).

DIN 38404-5: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Physikalische und physikalischchemische Kenngrößen (Gruppe C) - Teil 5: Bestimmung des pH-Wertes (C5).

DIN 38409-6: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Teil 6: Härte eines Wassers (H 6).

DIN 38409-7: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Teil 7: Bestimmung der Säure- und Basekapazität (H7).

DIN EN ISO 7027: Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der Trübung.

DIN EN ISO 7899-1: Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zahlung von intestinalen Enterokokken in Oberflächenwasser und Abwasser - Teil 1: Miniaturisiertes Verfahren durch Animpfen in Flussmedium (MPN-Verfahren).

DIN EN ISO 7899-2: Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zahlung von intestinalen Enterokokken in Oberflächenwasser und Abwasser - Teil 2: Verfahren durch Membranfiltration.

DIN EN ISO 9308-1: Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zahlung von Escherichia coli und coliformen Bakterien - Teil 1: Membran-filtrationsverfahren.

DIN EN ISO 9308-3: Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zahlung von Escherichia coli und coliformen Bakterien in Oberflächenwasser und Abwasser - Teil 3: Miniaturisiertes Verfahren durch Animpfen in Flussmedium (MPN-Verfahren).

DIN EN ISO 10304-1: Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie - Teil 1: Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat, und Sulfat.

DIN EN ISO 16266 Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zahlung von Pseudomonas aeruginosa - Membranfiltrationsverfahren.

ISO 5813: Water quality Determination of dissolved oxygen, used in iodometry procedures.

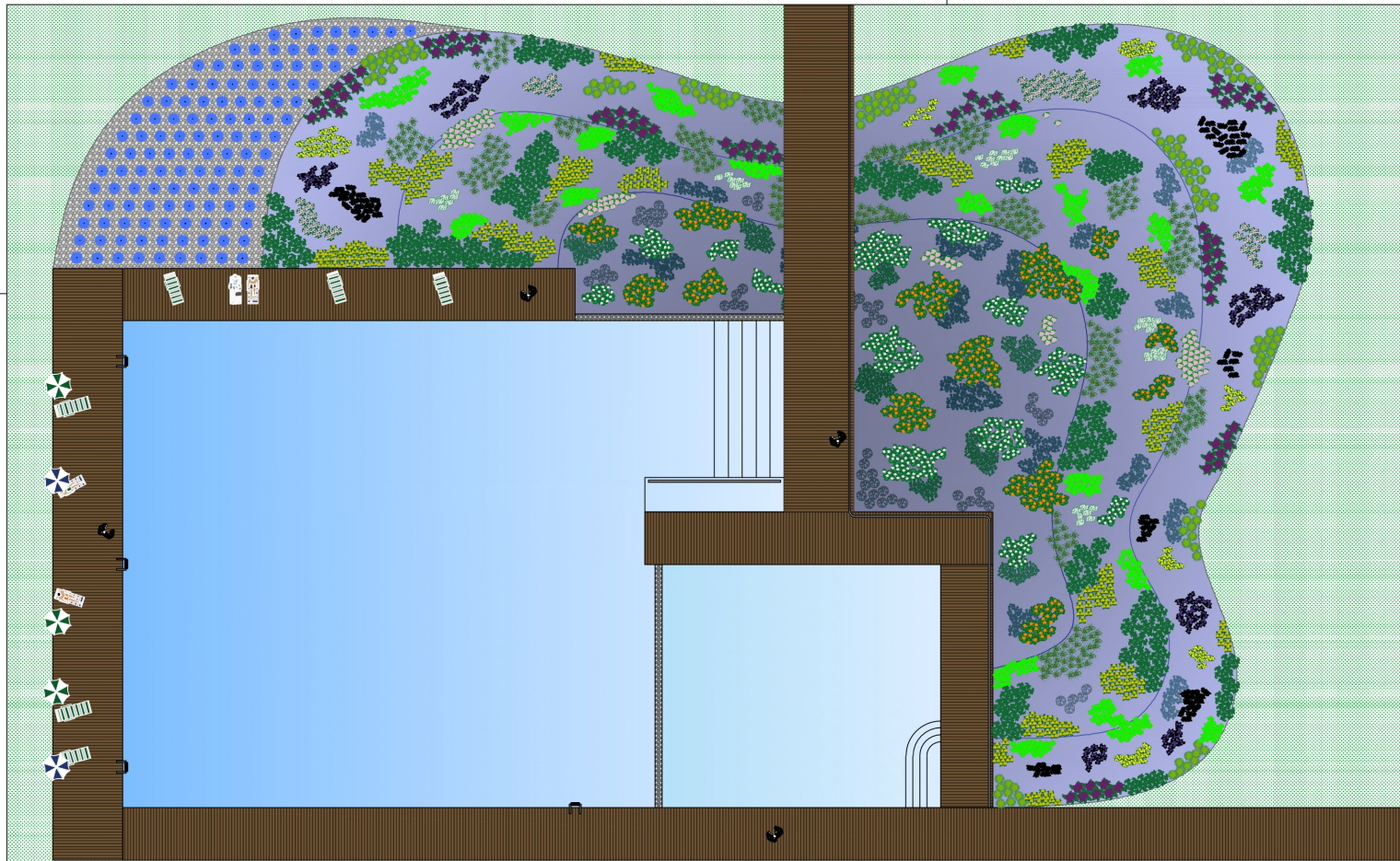
### *Anexo VIII – Exemplo de Projecto para uma Piscina Ecológica de Uso Público*

No presente anexo encontra-se um exemplo para um projecto de construção de uma piscina ecológica para utilização pelo público.

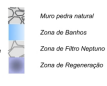
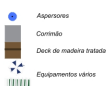
Uma vez que se trata de um projecto-tipo, são apresentados alguns dos planos necessários para a sua execução. Outros planos seriam necessários para uma construção a implementar num dado local, como plano de altimetria, plano de modelação do terreno, plano de pavimentos, planos de pormenor, entre outros.

Como tal, apresentam-se os seguintes planos:

1. Plano Geral
2. Plano de Planimetria:
  - a. Construções
  - b. Zona de Regeneração
  - c. Filtro Neptuno
3. Plano de Plantação:
  - a. Plantas de Zona 0 – 15cm
  - b. Plantas de Zona 15 – 40cm
  - c. Plantas Flutuantes e de Zona de 60 – 80cm
  - d. Plantas Submersas
4. Corte A – A'
5. Corte B – B'



	<i>Allium plantago-aquatica</i>		<i>Iris pseudacorus</i>		<i>Nymphaea alba</i>
	<i>Anagallis tenella</i>		<i>Lythrum salicaria</i>		<i>Potamogeton crispus</i>
	<i>Caltha palustris</i>		<i>Mullein spp.</i>		<i>Ranunculus peltatus</i>
	<i>Carex spp.</i>		<i>Myriophyllum trifoliatum</i>		<i>Sagittaria sagittifolia</i>
	<i>Ceratophyllum crispus</i>		<i>Myriophyllum spicatum</i>		<i>Typha spp.</i>
	<i>Cyperus spp.</i>		<i>Najas luteum</i>		



Relevo: 10% Pico positivo  
20% Pico negativo  
30% Pico negativo  
40% Pico negativo

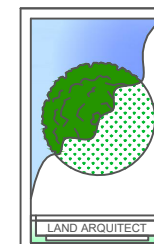
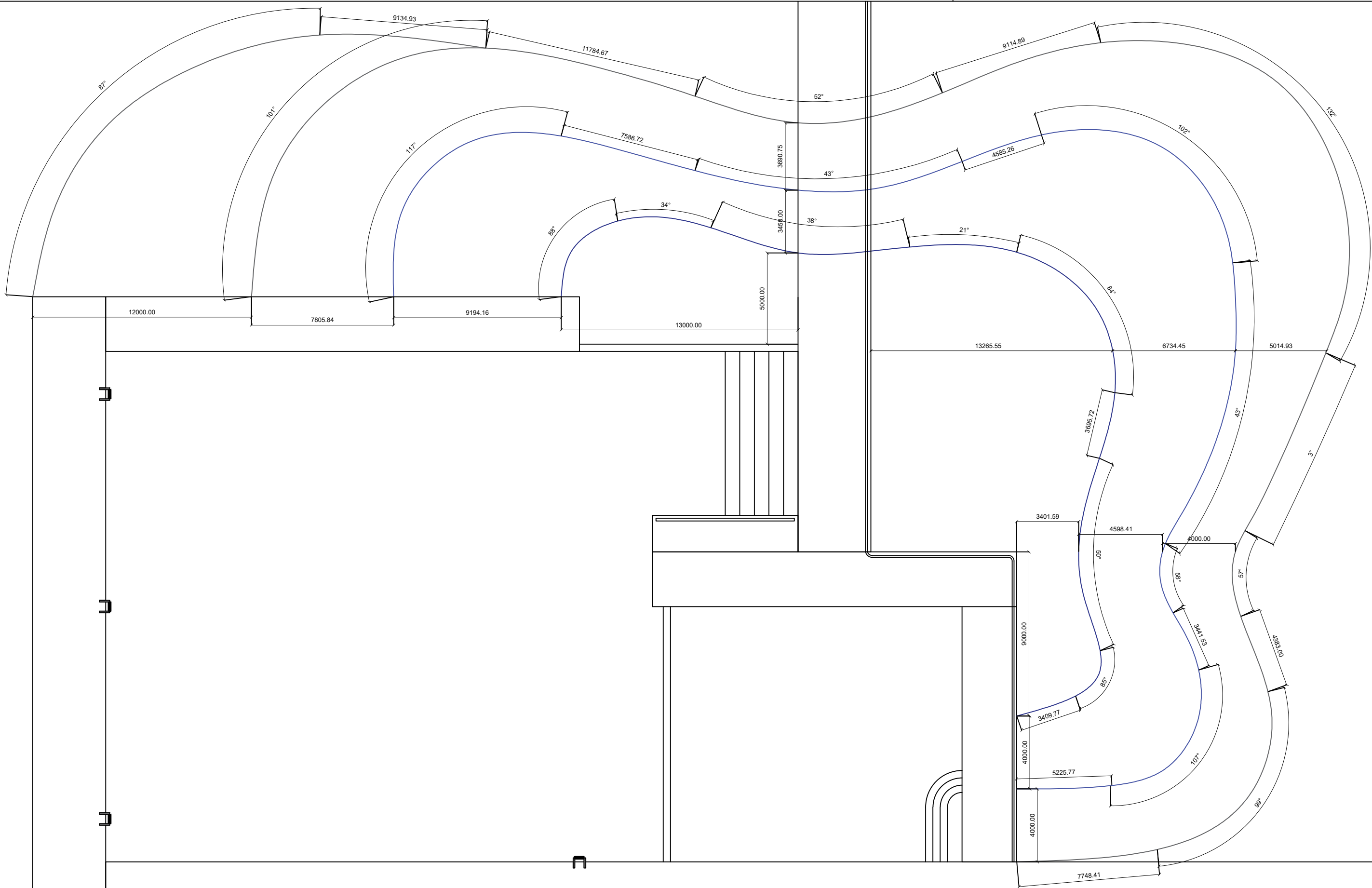


DONO DA OBRA: Instituto Superior de Agronomia  
PROJECTO: Piscina Ecológica para Uso Público

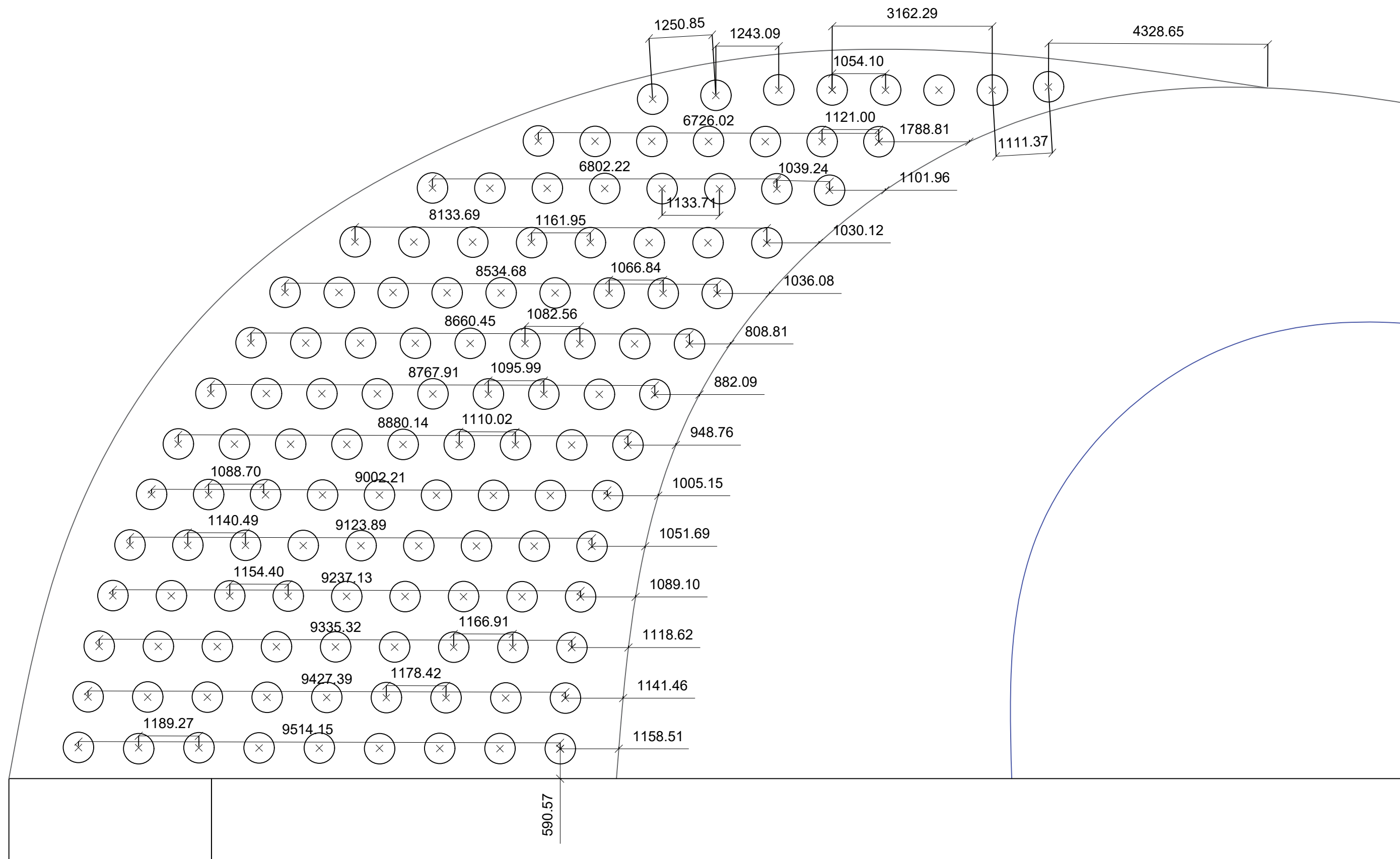
PEÇA DESENHADA: Plano Geral  
PROJECTISTA: Arq. Pais, Sónia Santos  
DATA: ESCALA: 1:200  
DESENHO N.º: 1





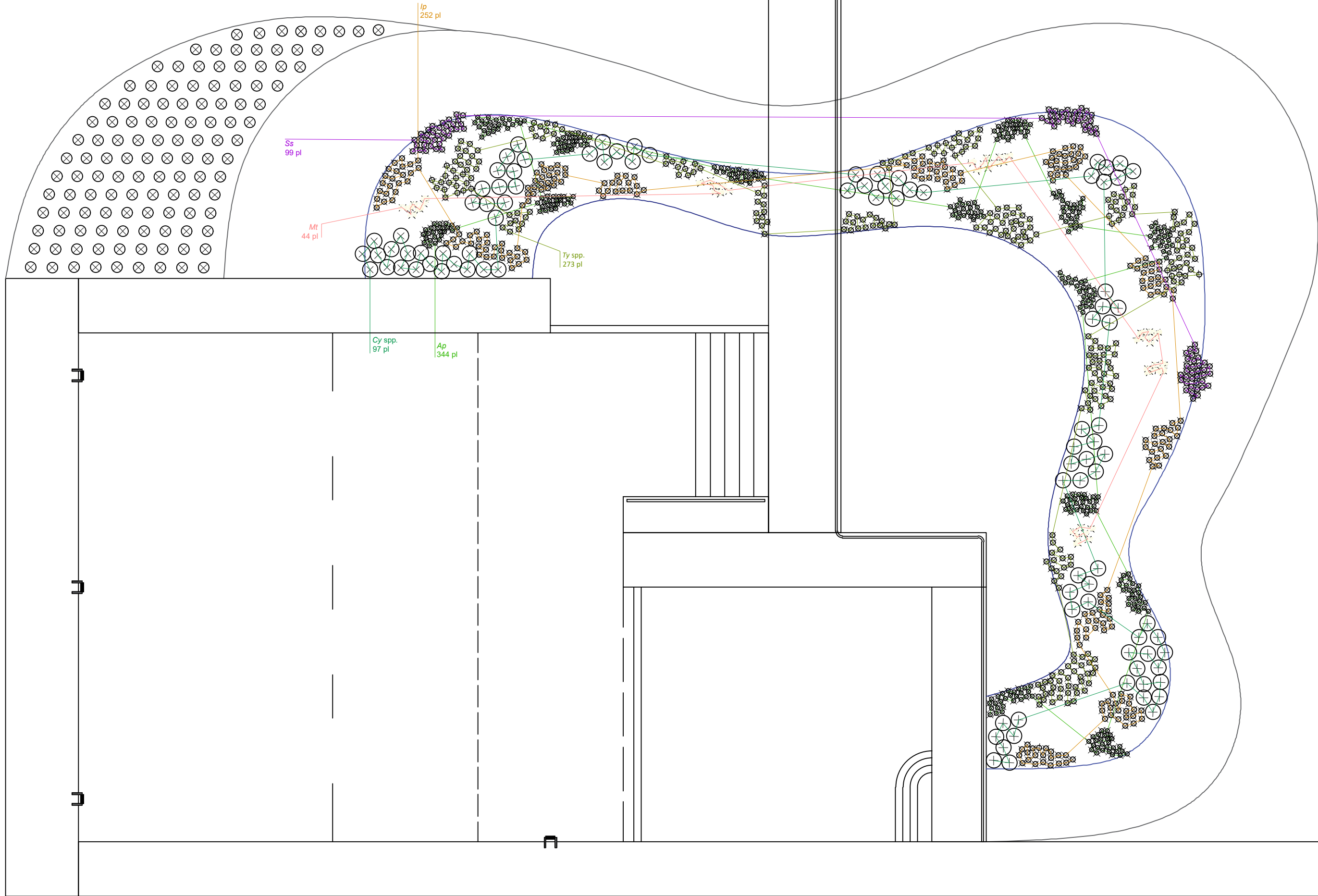


DONO DA OBRA	Instituto Superior de Agronomia		
PROJECTO	Piscina Ecológica para Uso Público		
PEÇA DESENHADA			
Plano de Planimetria - Zona de Regeneração			
PROJECTISTA	Arq. Pais. Sónia Santos	DATA	ESCALA
			1:200
		DESENHO N.	2b



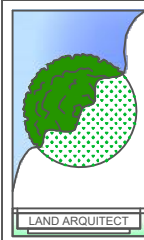






**Herbáceas**  
(Plantação Zona de 15 - 40 cm)

Símbolo	Nome Botânico	Abrv.	Nome Vulgar	Nº Plantas	Símbolo	Nome Botânico	Abrv.	Nome Vulgar	Nº Plantas
⊙	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Apa	Tanchagem-aquática	344	⊙	<i>Menyanthes trifoliata</i>	Mt	Trevo-de-água	44 (x6)
⊙	<i>Cyperus</i> spp.	Cy		97	⊙	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Ss	Sagitária	99
⊙	<i>Iris pseudacorus</i>	Ip	Lírio-Amarelo	252	⊙	<i>Typha</i> spp.	Ty	Tabúa	273



DONO DA OBRA  
PROJECTO

Instituto Superior de Agronomia  
Piscina Ecológica para Uso Público

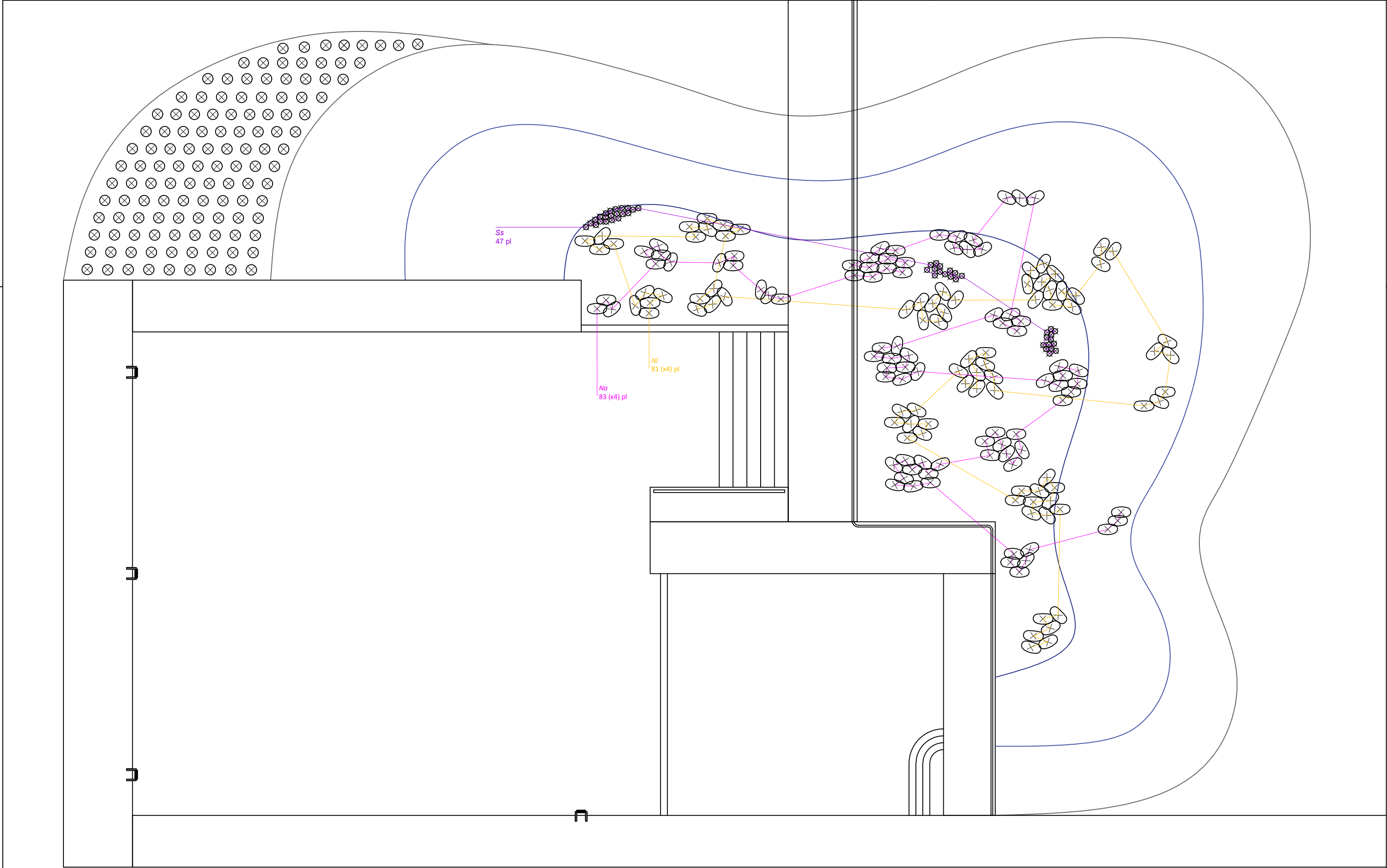
PEÇA DESENHADA  
Plano Plantação - Plantas de Zona 15 - 40cm

PROJECTISTA  
Arq. Pais. Sónia Santos

DATA

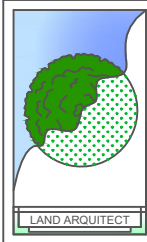
ESCALA  
1:200

DESENHO N.  
3b

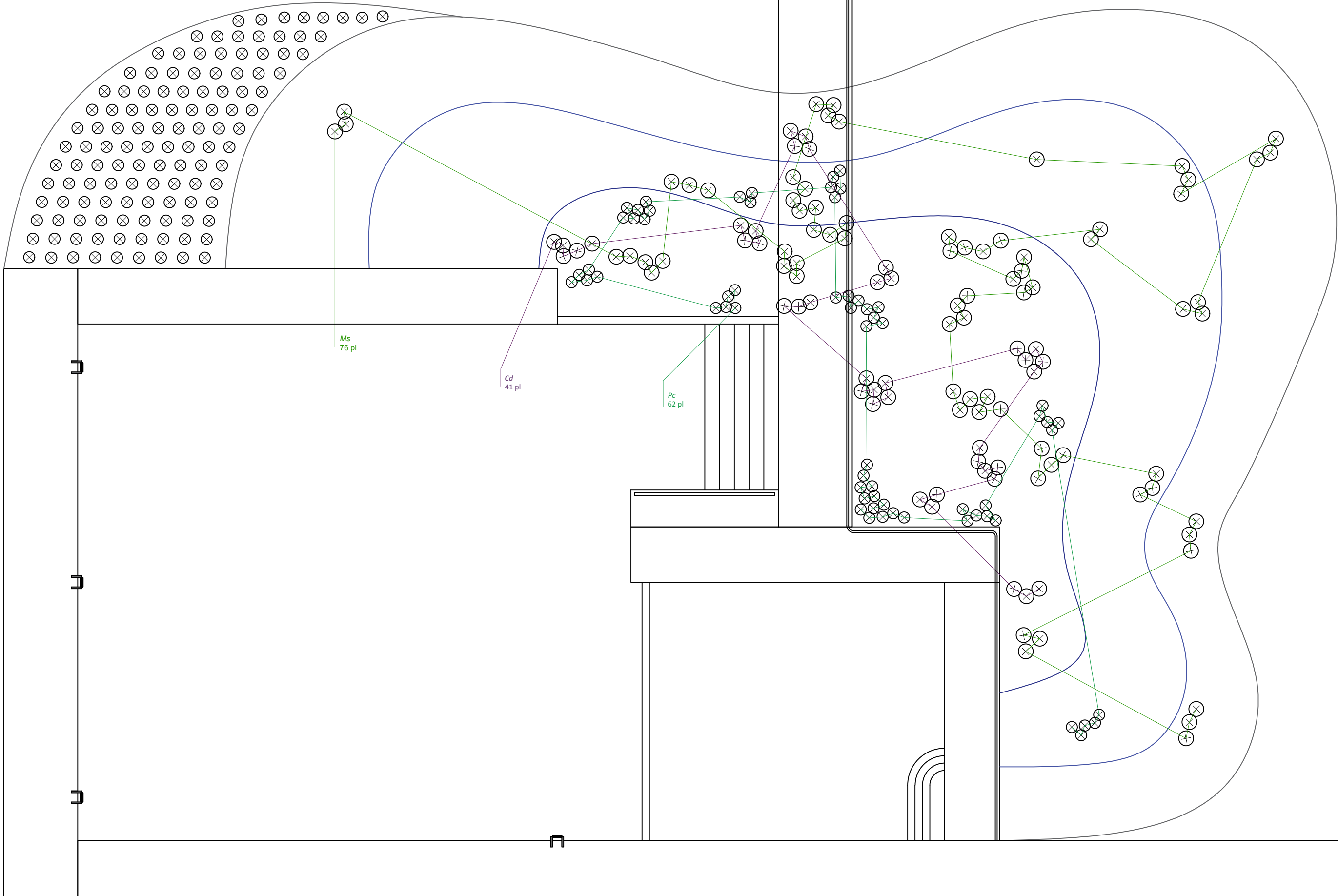


**Herbáceas**  
(Plantação Flutuantes e Zona de 60 - 80 cm)

Símbolo	Nome Botânico	Abrv.	Nome Vulgar	Nº Plantas
○	<i>Nuphar luteum</i>	Nl	Golfão amarelo	81 (x4)
○	<i>Nymphaea alba</i>	Na	Golfão branco	83 (x4)
○	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Ss	Sagitária	47

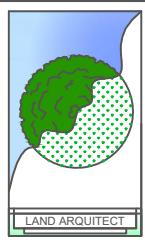


DONO DA OBRA		Instituto Superior de Agronomia	
PROJECTO	Piscina Ecológica para Uso Público		
		PEÇA DESENHADA	
		Plano Plantação - Plantas Flutuantes e Zona 60 - 80cm	
PROJECTISTA		DATA	ESCALA
	Arq. Pais. Sónia Santos		1:200
			DESENHO N.
			3c

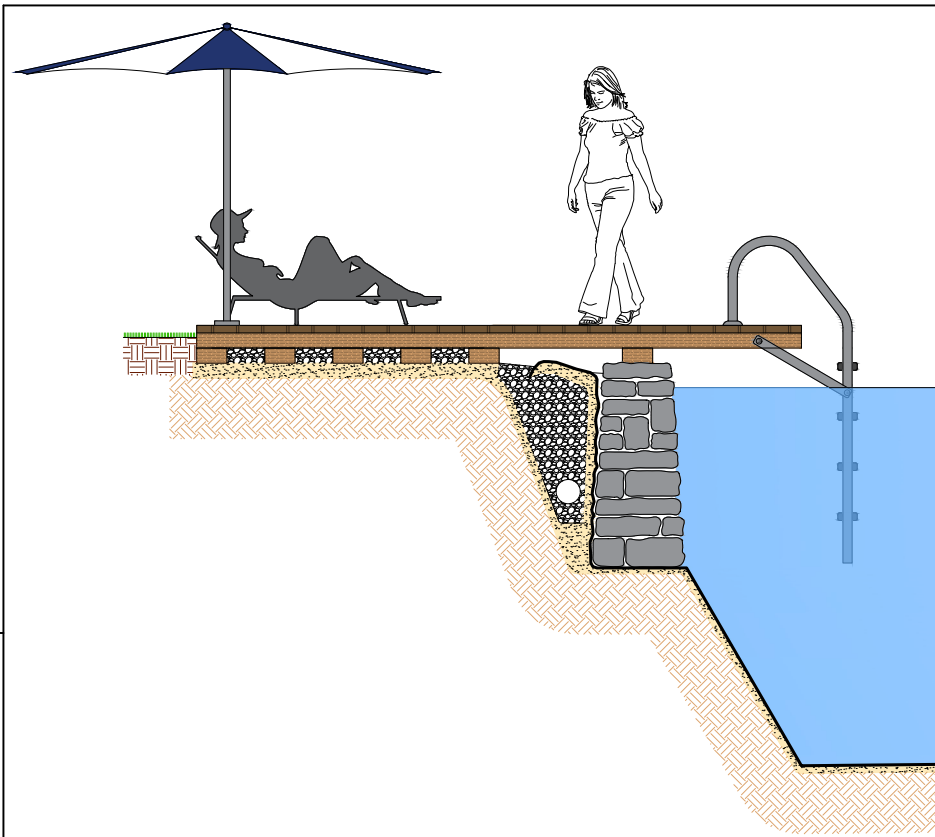


**Herbáceas**  
(Plantação de Plantas Submersas)

Símbolo	Nome Botânico	Abrv.	Nome Vulgar	Nº Plantas
⊗	<i>Ceratophyllum crispus</i>	Cc	Erva-do-peixe-dourado	41
⊙	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ms		76
⊖	<i>Potamogeton crispus</i>	Pc	Carvalhas	62

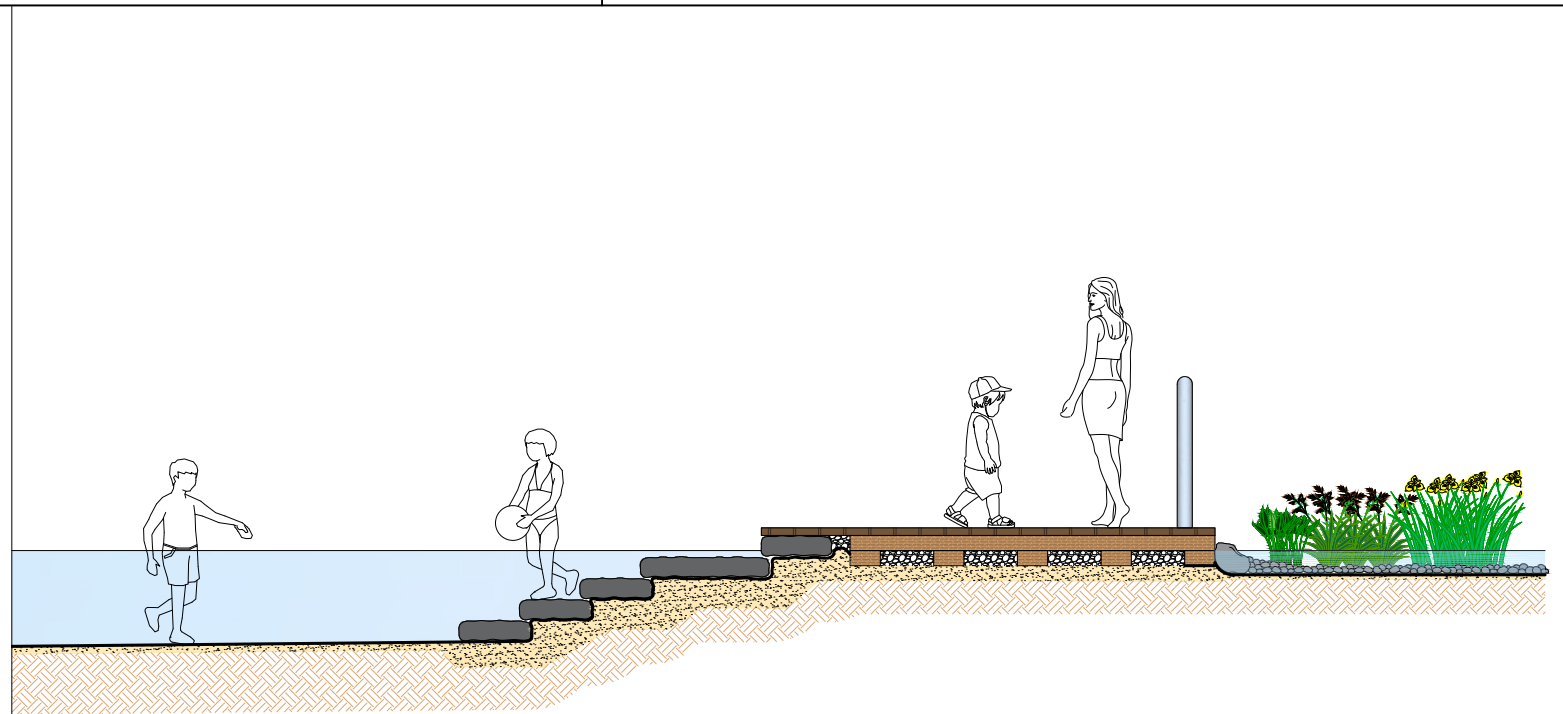


DONO DA OBRA		Instituto Superior de Agronomia	
PROJECTO		Piscina Ecológica para Uso Público	
		PEÇA DESENHADA	
		Plano Plantação - Plantas Submersas	
PROJECTISTA	Arq. Pais. Sónia Santos	DATA	DESENHO N.
		1:200	3d



a1

1:50

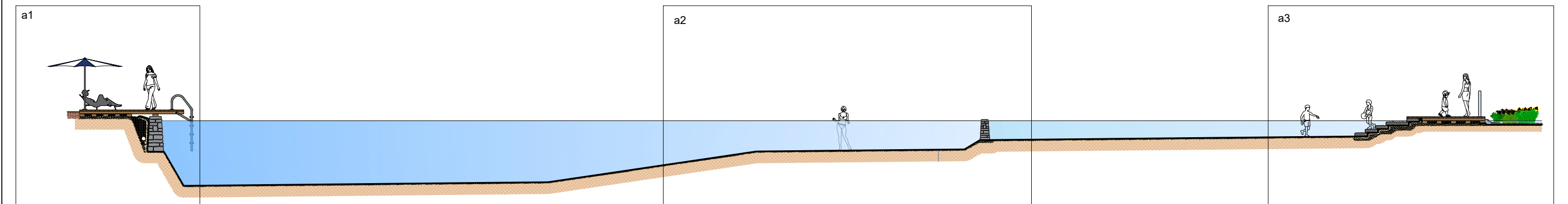


a3

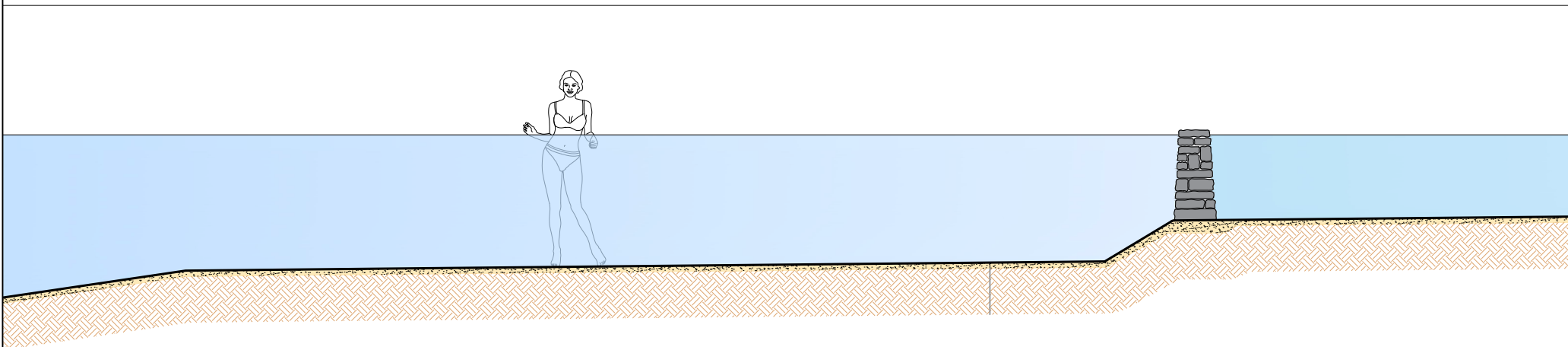
1:50

A

A'

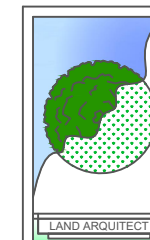
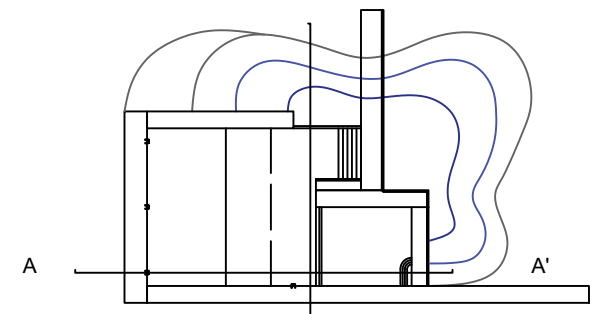


1:150



a2

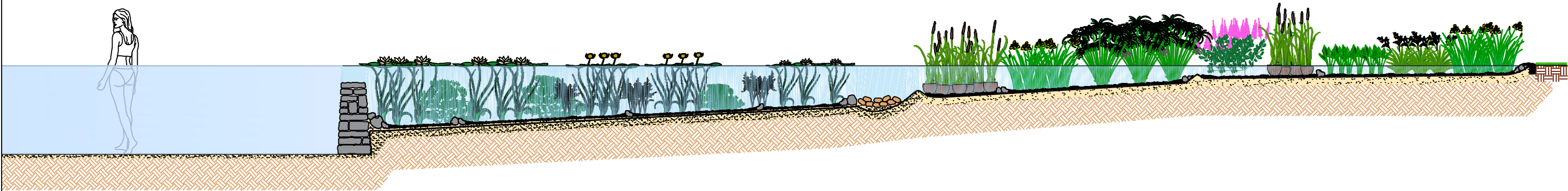
1:50



DONO DA OBRA	Instituto Superior de Agronomia		
PROJECTO	Piscina Ecológica para Uso Público		
PEÇA DESENHADA			
Corte A - A'			
PROJECTISTA	DATA	ESCALA	DESENHO N.
Arq. Pais, Sónia Santos			4



b2

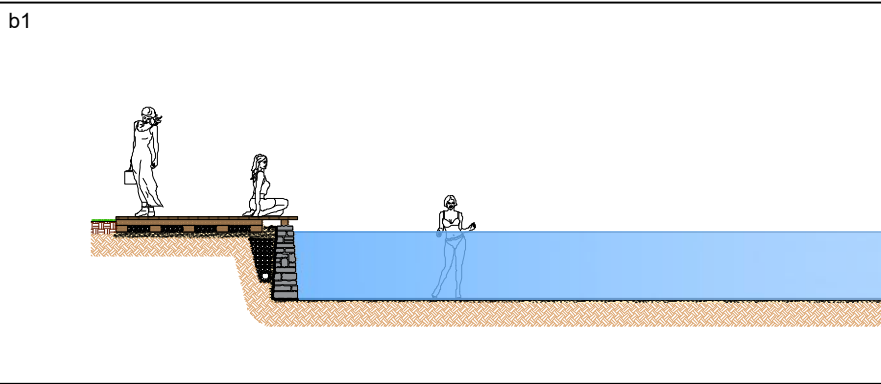


1:50

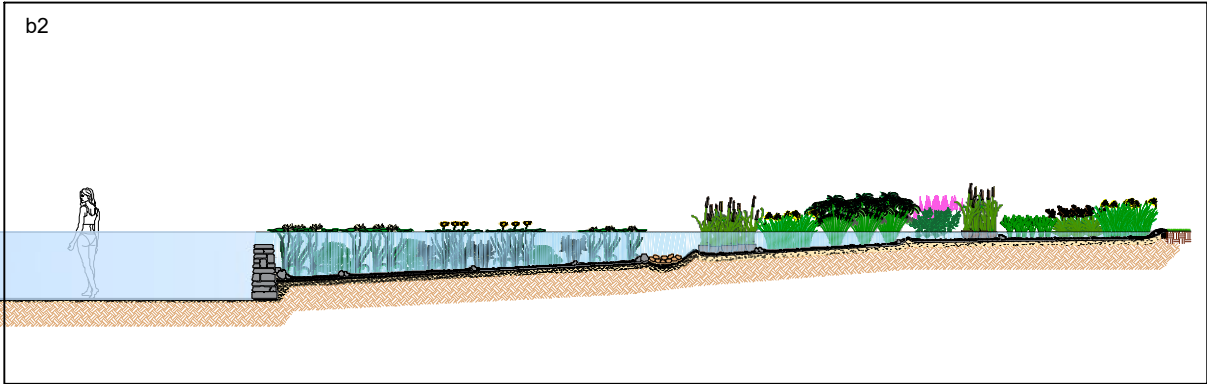
B

B'

b1

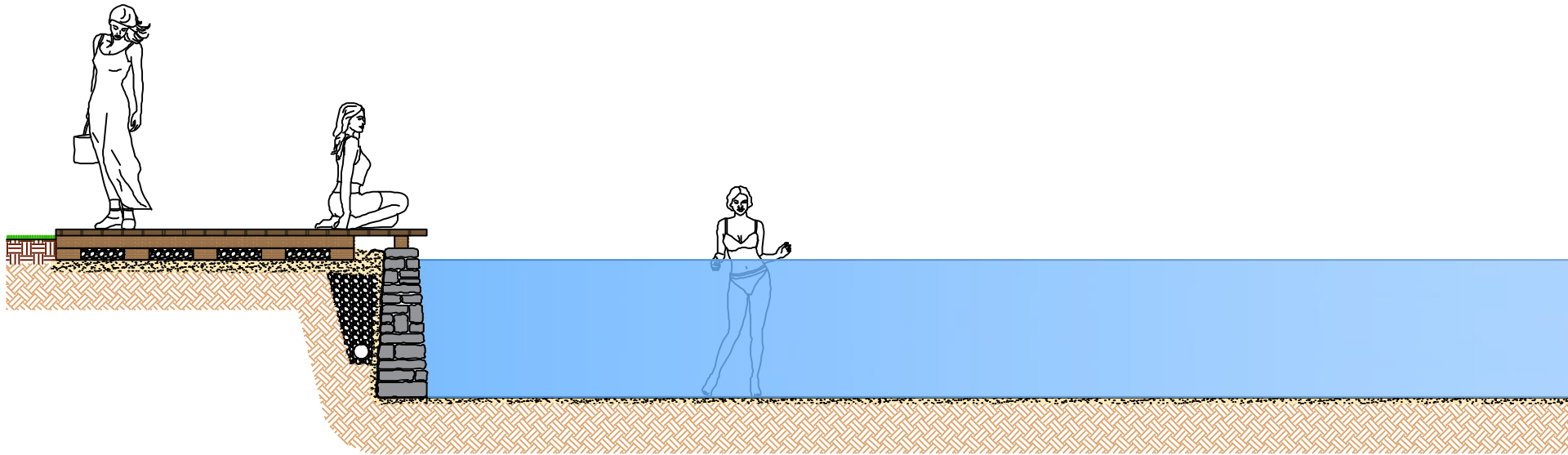


b2

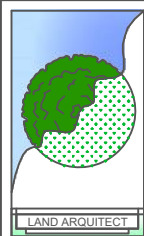
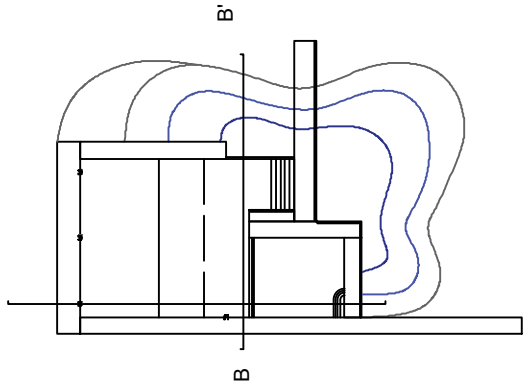


1:125

b1



1:50



DONO DA OBRA	Instituto Superior de Agronomia		
PROJECTO	Piscina Ecológica para Uso Público		
PEÇA DESENHADA			
Corte B - B'			
PROJECTISTA	DATA	ESCALA	DESENHO N.
Arq. Pais. Sónia Santos			5